



CONSEJO NACIONAL
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA



PROGRAMA PARAGUAYO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Con el apoyo de:



Fondo para la Excelencia de la
Educación y la Investigación

ACTAS

VIII CONGRESO SUDAMERICANO DE YERBA MATE

IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE YERBA MATE Y SALUD
II FERIA DE TECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA YERBATERA



VIII Congreso
Sudamericano
de *Yerba Mate*

30, 31 DE AGOSTO Y 01 DE SETIEMBRE DE 2023

HOHENAU, ITAPÚA, PARAGUAY

Actas. VIII Congreso Sudamericano de Yerba Mate; IV Simposio Internacional de Yerba Mate y Salud; II Feria de Tecnología en la Industria Yerbatera [recurso electrónico] - Hohenau, Itapúa, 2023.

Responsables de edición: Mayra Sapper, Claudia Elena Gonzalez.

ISBN: 978-99967-884-9-9

Evento realizado en el Salón de la Agrodinámica de la Cooperativa Colonias Unidas, Hohenau, Itapúa, Paraguay.

1. Conservación, Mejoramiento y Multiplicación 2. Cultivo y Extensión 3. Economía y Aspectos Sociales 4. Química y Calidad del Producto 5. Industrialización y Nuevos Productos 6. Salud y Medio Ambiente. I. Título

CDD: 633.77



Todos los derechos reservados
Universidad Nacional de Itapúa
(+59571) 206990/1
Encarnación – Paraguay

Los trabajos y opiniones que se publican en el libro son de exclusiva responsabilidad de los autores.

“La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo del CONACYT. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso se debe considerar que refleja la opinión del CONACYT”.

“Este evento fue cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con el apoyo del FEEI”.



CONSEJO NACIONAL
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA



PROGRAMA PARAGUAYO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Con el apoyo de:



Fondo para la Excelencia de la
Educación y la Investigación

PREFACIO

En el año 1992, un grupo de investigadores en Yerba Mate decide realizar una reunión técnica en la ciudad de Porto Alegre, Brasil, para intercambiar conocimientos y avances de las investigaciones que se estaban realizando. Esta reunión sentó las bases para la realización del I Congreso Sudamericano de Yerba Mate en Curitiba, Brasil, en el año 1997. Desde ese momento, se realizaron en forma sucesiva Congresos donde los investigadores y tecnólogos expusieron sus avances y experiencias en Yerba Mate, en las ciudades de Encantado (Brasil, 2000), Chapecó (Brasil, 2003), Posadas (Argentina, 2006 y 2011), Montevideo (Uruguay, 2014), Erechim (Brasil, 2017) y el actual, en Hohenau (Paraguay, 2023), denominado VIII Congreso Sudamericano de Yerba Mate, IV Simposio Internacional de Yerba Mate y Salud, y II Feria de Tecnología en la Industria Yerbatera.

La evolución del desarrollo científico en este periodo ha sido relevante, ya que, de los aproximadamente 15 trabajos científicos presentados en Porto Alegre, en este VIII Congreso han sido presentados 100 trabajos. En forma simultánea, hubo un crecimiento importante en la cantidad de publicaciones sobre Yerba Mate en las revistas de divulgación científica de todo el mundo. De esta forma, se demostró que el trabajo conjunto de los países productores-consumidores en el área de la investigación y desarrollo tuvo sus frutos.

En este congreso, organizado por primera vez en Paraguay, participaron investigadores locales, de Argentina, Brasil y Uruguay. Además de la enriquecedora experiencia que se obtuvo al gestionar y organizar este evento, el mismo ha propiciado una gran oportunidad a los investigadores paraguayos para presentar los resultados de sus investigaciones.

Este importante evento ha sido posible gracias al apoyo de empresas, universidades y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales del país. La modalidad de presentación de los trabajos ha sido a través de Conferencias, Mesas Redondas y Exposición de Trabajos Libres, en forma oral y posters.

En este Libro de Actas, se publican las investigaciones presentadas en este Congreso, en forma de Trabajos Completos y Resúmenes. Se compone de diferentes Capítulos que corresponden a las distintas áreas de presentación de trabajos: 1. Conservación, Mejoramiento y Multiplicación; 2. Cultivo y Extensión; 3. Economía y Aspectos Sociales; 4. Química y Calidad del Producto; 5. Industrialización y Nuevos Productos, y 6. Salud y Medio Ambiente.

Comisión Organizadora

Organizado por:



Presidente y Coordinador General: Sr. Eduardo Oswald, Presidente, CYP

Presidente Comité Científico: Lic. Rosa Sosa

Sr. Héctor Sauer, Tesorero, CYP

Ing. Orlando Gallas, Coord. General de Asistencia Técnica y Agrodinámica, CCU

Lic. Naida Alderete, Gerente General, CYP

Lic. Rosa Aranda, Secretaria Administrativa, CYP

Comité Organizador

Alexander Gerhard, Yerbatera Campesino S.A.

César Padoin, Madre María S.A.

Néstor Goralewski, CYP

Fabio Britos, Caaty S.A.

Anita Schneider, Caaty S.A.

Mario Brizuela, CCU

Cipriano Rojas, Indega S.A.

Lorena Acosta, Lauro Raatz S.A.

Liza Altenhofen, Lauro Raatz S.A.

Florencia Nuñez, Yerbatera Campesino S.A.

Dilma Cano, CMMYM, MAG

Marcial Talavera, Eno Bronstrup S.A.

Miguel Schmalko, UNaM

Claudia González, UNI

Patricia Talavera, UNI

Raquel Vigo, UNI

Mayra Sapper, UNI

Apoiado por:

Universidad Nacional de Itapúa (UNI), Paraguay.

Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” – Unidad Pedagógica Hohenau (UC – UPH), Paraguay.

Cofinanciado por:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con el apoyo del FEEL, a través del instrumento “Eventos Científicos y Tecnológicos Emergentes”.

Declarado de interés por:

- **Honorable Cámara de Senadores de la Nación** - Declaración de Interés Nacional (Declaración N° 514).
- **Ministro Presidente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** - Declaración de Interés Científico (Resolución N° 266/2023).
- **Sociedad Científica del Paraguay** - Declaración de Interés Científico.
- **Junta Departamental de Itapúa** - Declaración de Interés Departamental (Resolución N° 796/2023).

Comisión Científica

Lic. Rosa Sosa, Paraguay
Dr. Miguel Schmalko, Argentina
Dra. Alice Valduga, Brasil
Dr. Nelson Brascesco, Uruguay
Dra. Claudia González, UNI, Paraguay
Dra. Mayra Sapper, UNI, Paraguay
Dra. Nilse Ferreira, UNI, Paraguay
Dra. Patricia Talavera, UNI, Paraguay
Mgter. Raquel Vigo, UNI, Paraguay
Mgter. José Hermosilla, UNI, Paraguay

Comisión Técnico-Científica

Conservación, Mejoramiento y Multiplicación

Mgter. Raquel Vigo, UNI, Paraguay (Coordinadora)
Dra. Liliana Talavera Stefani, UNI, Paraguay
Mgter. Verónica Machado, UNI, Paraguay
Dra. Rosa Nelly Venialgo, UNI, Paraguay
Mgter. Daniela Haupenthal, UC - UPH, Paraguay
Mgter. Sergio Prat Kricum, Argentina
Ing. Anita Schneider, Caaty S.A., Paraguay
Dra. Sandra Molina, INTA, Argentina
Dr. Luis Francisco Alves, UNIOESTE, Brasil

Cultivo y Extensión

Dra. Claudia Elena González, UNI, Paraguay (Coordinadora)
Mgter. Lidia Quintana, UNI, Paraguay
Mgter. Carlos Tanaka, UC – UPH / UNI, Paraguay
Dr. Carlos Wlosek, UNI, Paraguay
Dra. Edilia Ramírez Haedo, UC - UPH, Paraguay
Dr. Guillermo Enciso Maldonado, CEMIT, Paraguay
Ing. Oscar Burtnik, INTA, Argentina
Ing. Matías Skromeda, INTA, Argentina
Dr. Ivar Wendling, EMBRAPA, Brasil

Economía y Aspectos Sociales

Dra. Nilse Ferreira, UNI, Paraguay (Coordinadora)
Mgter. Ever Lezcano, UNI, Paraguay
Mgter. Gladys Romero, UNI, Paraguay
Dra. Alicia Raquel Eisenkölbl, UC - UPH, Paraguay
Dr. Ilvandro Barreto, EMATER, Brasil

Química y Calidad del Producto

Mgter. Patricia Scipioni, UNaM, Argentina (Coordinadora)
Dra. Claudia González, UNI, Paraguay
Dra. Mónica Albrecht, UNI, Paraguay
Dra. Andrea Arrua, CEMIT, Paraguay
Dra. Gladys Jerke, UNaM, Argentina
Dra. Alice Teresa Valduga, URI, Brasil

Industrialización y Nuevos Productos

Lic. Rosa Sosa, CYP, Paraguay (Coordinadora)
Mgter. José Hermosilla, UNI, Paraguay
Mgter. Alicia Mieres, UNI, Paraguay
Mgter. Alfredo Schmidt, UC - UPH, Paraguay
Dr. Santiago Holowaty, UNaM, Argentina
Dr. Marcos Maiocchi, UNNE, Argentina

Salud y Medio Ambiente

Dra. Ana Thea, UNaM, Argentina (Coordinadora)
Dra. Diana Dressler, UNI, Paraguay
Dra. Carolina Scott, UNI, Paraguay
Dr. Fabian Ruschel, UNI, Paraguay
Dr. Fernando Ferreira Cyncar, UNI, Paraguay
Dr. Lucas Brun, UNR, Argentina
Dra. Brunna Bremer Boaventura, UFSC, Brasil
Dra. Silvane Souza Roman, URI, Brasil

Moderadores de Áreas Técnicas

Dra. Mayra Sapper (Coordinadora)
Mgter. Raquel Vigo, UNI, Paraguay
Mgter. Daniela Haupenthal, UC - UPH, Paraguay
Dra. Edilia Ramírez Haedo, UC - UPH, Paraguay
Dra. Patricia Talavera, UNI, Paraguay
Dra. Alicia Raquel Eisenkölbl, UC - UPH, Paraguay
Dra. Claudia Elena González, UNI, Paraguay
Dra. Mónica Albrecht, UNI, Paraguay
Dra. Alicia Albrecht, UNI, Paraguay
Dra. Edith Páez, UNI, Paraguay

TABLA DE CONTENIDO

CONFERENCIAS	11
TRABAJOS COMPLETOS	15
1. Conservación, Mejoramiento y Multiplicación.....	17
2. Cultivo y Extensión.....	51
3. Economía y Aspectos Sociales.....	123
4. Química y Calidad del Producto	191
5. Industrialización y Nuevos Productos.....	219
6. Salud y Medio Ambiente.....	255
RESÚMENES	285

CONFERENCIAS

Plagas de la yerba mate y avances para su control biológico.

Prof. Dr. Luis Francisco Angeli Alves, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Brasil.

Biotecnología aplicada para la generación de bioinsumos de nueva generación.

Dra. Lorena Castrillo, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Argentina.

Directrices voluntarias para una gestión sostenible de los suelos productivos de la provincia de Misiones.

Ing. Agr. José Gabriel Stevenson, Argentina.

Tratamientos de rejuvenecimiento de copa en yerbales degradados.

Ing. Valentín Kurtz, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina.

Arborización en yerbales.

Ing. Esteban Schegg, Argentina.

Nematodos asociados al cultivo de la yerba mate: un riesgo potencial e inminente.

Dr. Horacio Lopez-Nicora, Paraguay.

Uma visão geral da produção científica em erva-mate usando ferramentas bibliométricas.

Dra. Alice Teresa Valduga, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e da Missões (URI), Brasil.

Composición Química elemental de la Yerba Mate. Importancia de los factores que afectan.

Dr. Antonio C. Vargas Motta, Universidad Federal do Paraná (UFPR), Brasil.

Residuos de la combustión en el procesamiento de la yerba mate (HAPs y Antraquinona).

Dra. Ana E. Thea, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Argentina.

Partículas Magnéticas en la Yerba Mate.

Dra. Ana E. Thea, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Argentina.

Últimos avances en las investigaciones del área de la salud.

Dr. Nelson Brascesco, Universidad de la República (Udelar), Uruguay.

Explorando propiedades biológicas e metabolitos ativos em erva-mate: regeneração, fotoproteção e outras atividades.

Dr. Itamar Luís Gonçalves, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e da Missões (URI), Brasil.

Impacto Biofisiológico del Mate.

Dr. Hernán Hoyos, Universidad Siglo 21, Argentina.

Escenario económico propicio para la producción de la Yerba Mate en Paraguay.

Ing. Ronaldo E. Dietze, Paraguay.

Eficiencia Energética en Secaderos, tipos de combustibles, calidad de la combustión y Contaminantes.

Dr. Santiago Alexis Holowaty, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Argentina.

Utilización de Yerba Mate en el desarrollo de productos para la nutrición deportiva preservados por nuevas tecnologías.

Dra. Sandra Guerrero, Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina.

Erva-mate em novos produtos: uma tendência alimentícia com ganhos nutracêuticos relacionados com seus efeitos antioxidantes.

Dra. Clarice Steffens, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e da Missões (URI), Brasil.

Servicio de Extensión Yerbatera (SEY).

Ing. Matias Bazila. Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM), Argentina.

Saborizantes y aditivos a la yerba.

Alejandro Lichtenstein, Saporiti S.A.

Yerba Mate Compuesta – Mesa Redonda.

Lic. Rosa Sosa, Dra. Claudia González, Lic. Florencia Núñez, e Ing. Basilio Sawchuk.

TRABAJOS COMPLETOS

1. Conservación, Mejoramiento y Multiplicación

Coppicing as a strategy for recovery of yerba-mate crops with low productivity

Valduga, Alice Teresa¹; Magri, Ederlan¹; Cominetti, Janice¹; Gonçalves, Itamar Luís¹; Cansian, Rogério Luís¹; Zanin, Elisabete Maria¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões—URI, Erechim, Sete de Setembro Avenue, 1621, Erechim 99700-000, RS, Brazil.

Abstract: Yerba-mate (*Ilex paraguariensis*) is a perennial native tree from South America. Improper management of yerba-mate crops results in low yield. This work evaluated the recovery and the vegetative capacity of the crop after coppicing. A 2-year field observation approach was used, and the study area was monitored from 2019 to 2021 in a 20-year-old yerba-mate crop with low yield. Drastic coppicing was used as a strategy, aiming to study the effect of the month and the height of pruning. Four groups were defined combining the trunk heights of 10 and 40 cm and the months of pruning June and August. Yerba-mate plants showed a low mortality rate of 2%. In the first year after the intervention, the height of the cutting was the most important factor that influenced the amount of primary and secondary branches, validating response surfaces with r^2 values of 0.9942 and 0.9084, respectively. In the second year of the experiment, full recovery in productivity was reached, with a mean rise of 109.7% in the plants of the group coppiced in June 40 cm above the soil. The techniques used in this study are appropriate for vigor recovery in yerba-mate plants inadequately managed and allow a new architecture on plants, enabling mechanical harvesting.

Keywords: Crop recovery. *Ilex paraguariensis*. Morphogenesis. Pruning.

Introduction

Yerba-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) is a perennial tree native to South America, belonging to the Aquifoliaceae family (Valduga et al., 2019). Its geographic distribution extends to Brazil, Argentina, and Paraguay. In Brazil, it occurs in Rio Grande do Sul, Santa Catarina, and Paraná states and a small part of Mato Grosso do Sul (Ibge-Sidra, 2020). Yerba-mate has great socioeconomic and cultural importance in these states. Its leaves and small branches, when processed, are used in the production of infusion drinks, such as chimarrão. Although the most consumed infusion is “mate” or “chimarrão” (hot beverage), there are different forms of consumption, such as tea, carbonated drinks and “tererê” (cold beverage) (Lewinski et al., 2015).

Currently, yerba-mate is cultivated in an agroforestry system or homogeneous under a full sun (Schuler et al., 2022). In terms of extractive products, it represents one of the most cultivated non-timber species. The Brazilian yield of yerba-mate is around 7000 ton·ha⁻¹·year⁻¹ and Rio Grande do Sul produces about 8000 ton·ha⁻¹·year⁻¹ (Ibge-Sidra, 2020).

The implantation of a yerba-mate crop requires an adjusted schedule, as it is a perennial plant, and when this aspect is neglected, the result is a low yield (Schmalko et al., 2015). Inappropriate harvesting practices carried out on the yerba-mate crops over the years cause deformation in the plant architecture, decreasing biomass production (Penteado Junior e Goulart, 2017). Its stems can be attacked by *Hedypathes betulinus* beetle (corinthian), one of the most important pests of yerba-mate, causing severe damage to the plants and significant economic losses. The insect's larvae, during feeding, build longitudinal and ascending galleries in the trunk, branches and roots of the plant, affecting their development and even causing death (Guedes et al., 2000; Andrade et al., 2019).

The present study aimed to evaluate the recovery of vigor and vegetative capacity of a low-yield yerba-mate crop, after drastic coppicing. There is a limited amount of data in the literature about the recovery of degraded yerba-mate crops, and the available articles do not explore the measurement of yield as a response and are written in the Portuguese language (Santin et al., 2008; Stuepp et al., 2016). Thus, the findings of the present work may give new directions for the recovery of yerba-mate crops with low yield.

Methods

Study Area

The research was conducted in a yerba-mate crop in southern Brazil. The area was divided in 16 plots with 22 to 39 plants, totalizing 453 yerba-mate plants. The region's climate is defined as humid subtropical (Cfa), according to the Köppen classification, with an average annual temperature between 16°C and 20°C, and temperatures below 0°C during the winter in short periods. The average annual precipitation ranges from 1600 mm to 2200 mm (Alvares et al., 2013). The experiment monitored the 20-year-old yerba-mate crop that was poorly conducted and presented low yield, over 3 years, from 2019 to 2021. The yerba-mate crop before and after the intervention is shown in Figure 1a,b, respectively.

Experiment Design

The experimental conditions were carried out using a 2×2 factorial design with repetitions, having as variables the height and month of pruning. The study protocol was performed in completely randomized plots. The experiment was carried out two times within the vegetative dormancy period (June and August), coppicing at 10 cm and 40 cm above the soil. The coppicing was carried out in a bevel, using a chainsaw with vegetable oil, and fungicide was not applied. During each data collection, the parameters investigated were measured in at least 80 plants uniformly distributed across all plots of the study area.

Follow-up of the Experiment in 2019

From September to November/2019, the morphogenic development of the plants was monitored by the counting of the number of primary and secondary branches.

Follow-Up of the Experiment in 2020

In the yerba-mate plants, during the vegetative dormancy period (2020/August), excess branches were removed, and the more developed branches were selected (about five), to conduct a new architecture. New branches that emerged (secondary, tertiary and quaternary) were counted. The diameter and height of these secondary branches were measured with a ruler. Morphogenetic monitoring was carried out every two weeks, from September 2020 to November 2020. The biomass of each plot of the yerba-mate crop that meets the requirements of standard preconized by the industry was conditioned in bags and the mass was measured using a hook scale.

Data Analysis

The analysis of normality distribution was performed using the Shapiro–Wilk test and, according to this result, appropriate versions of ANOVA and post-ANOVA tests were applied. The profile of morphological characteristics in the second year was investigated by principal component analysis. The analysis of factorial design was conducted aiming the obtention of Pareto charts and response surfaces. The analyses were carried out using the software GraphPad Prims 9.0 (San Diego, CA, USA) and Statistic 9.0 (StaSoft. Inc. Tulsa, OK, USA).



Figure 1. Yerba-mate plants before (a) and after (b) the experimental intervention.

Results

Morphological Development during the First Year (2019/September–2019/November)

The morphological development of yerba-mate plants located in different plots under the four different experimental conditions was monitored regarding the primary and secondary branches' emergence. The measurements were performed in the months of September and November, involving the natural period of vegetative growth of the species. Figure 2a–d shows the evolution of primary branches' emergence over time. The experimental conditions in June/40 and August/40 (Figure 2a,b) presented a higher number of primary branches, while the condition in June/10 (Figure 2c) and August/10 (Figure 2d) showed low levels of vegetative development. This behavior is in full agreement with the number of secondary branches, as depicted in Figure 2e–h. The secondary branches' emergence was stimulated in August/10 compared to June/10, as shown in Figure 2g,h.

The analysis of the factorial experiment showed that the height of cutting was the variable with the strongest effect on the number of primary and secondary branches/plant, as can be showed in Figure 3, where the chart includes a vertical line at the critical t -value for an $\alpha = 0.05$. The interaction between the height and month of cutting produced a smaller effect on these responses, while the month of cutting alone was not able to affect significantly the emergence of primary and secondary branches (Figure 3a,e). For both primary and secondary branches, when the variable height of cutting changed from the smaller to the higher level, an intense increase in the branches' emergence was observed, as depicted in Figure 3b,f. Although when the same analysis was performed for the month of cutting, very small changes in these responses were found (Figure 3c,g).

Considering the number/plant of primary and secondary branches as response, two linear models were validated and capable of representing these responses as a function of month and height of cutting. For the number of primary branches, the variance analysis yielded high r^2 value (0.9942). This response surface described in Figure 3d confirms that the high number of primary branches was produced by the experimental condition Jun/40, while the primary branch emergence was prejudiced by the low height of cutting. A similar profile was obtained for secondary branches' emergence (Figure 3h), r^2 value of 0.9084. The two models showed that the branches' emergence was maximized in the experimental condition in June/40.

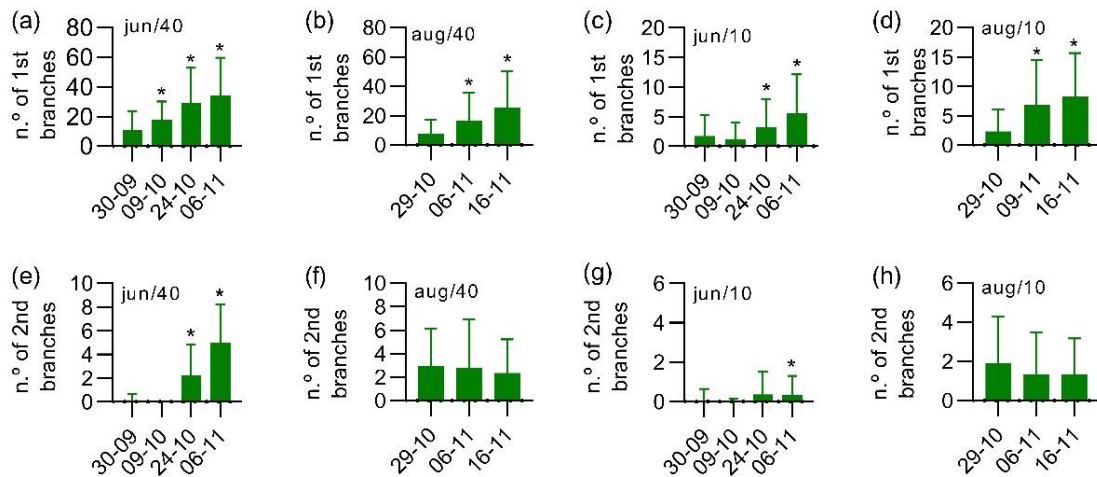


Figure 2. Behavior of branches' emergence during the vegetative development of yerba-mate plants from pruning under four experimental conditions. The data are represented as mean \pm standard deviation of at least 80 measurements. The plants were coppiced in 2019/June or 2019/August, as specified in the graphs. * $p < 0.05$ in relation to the first measurement according to Kruskal–Wallis analysis followed by Dunn's test. During this period, the temperature was 20.29 ± 6.06 °C ($36.3\text{--}4.3$ °C) and the rainfall was 313 mm, according to data from a local meteorological monitoring service.

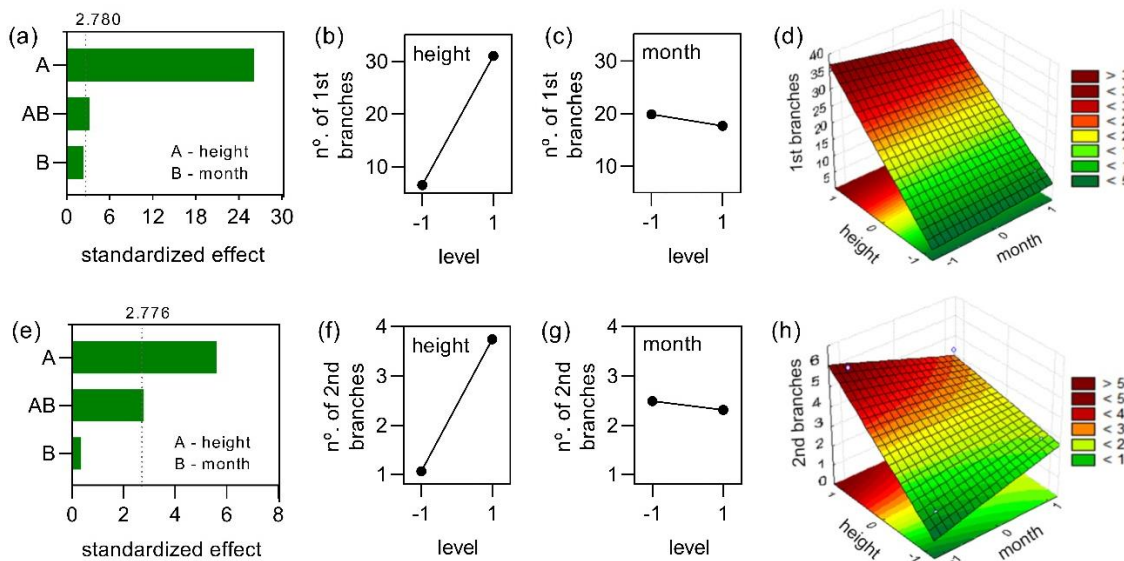


Figure 3. Factorial analysis of the experiment considering the number/plant of primary (a–d) and secondary (e–h) branches. Pareto chart of the standardized effects at $p = 0.05$ for number of primary and secondary branches (a and e). The graphs of the main effects on these responses considering variables height and month of cutting are shown in (b), (c), (e) and (f). Response surfaces for the number of primary branches/plant (d) and the number of secondary branches/plant (h) having as factors the height and the month of cutting of the yerba-mate plants.

Morphological Development during the Second Year (2020/September–2020/November)

At the end of the experimental monitoring period (2020/November) the variables number of leaves, height and diameter of secondary branches and number of tertiary and quaternary

branches were measured (Figure 4). The experimental condition in June/40 produced higher number of leaves/branches when compared to that of June/10 ($p = 0.0339$), as shown in Figure 4a. In addition, this experimental condition produced the higher number of leaves/branches (75.00 ± 23.67), while the lowest number of leaves/branches was 55.05 ± 22.55 for the June/10 and 58.07 ± 17.87 for the August/10 conditions. The conditions of August/10 yielded secondary branches with the lowest height (48.60 ± 16.30 cm), as may be observed in Figure 4b. This value was statistically different when compared to that of August/40 ($p = 0.0158$) and June/40 ($p = 0.0288$) conditions, with 71.20 ± 19.65 cm and 70.55 ± 27.06 cm, respectively. It should be highlighted that the more drastic condition (August/10) hindered the new secondary branches' emergence, so no plant grew new secondary branches (Figure 4d). The cutting at 10 cm above the soil also avoided the 3rd branches' emergence, as may be observed in Figure 4f. Regarding the diameter of secondary branches and number of secondary old branches differences across the four treatments (Figure 4c,e) were not found.

Aiming to improve the understanding of the role of experimental conditions on the responses, the data were submitted to principal component analysis. The categorical variable that produced better clustering profile of the experimental points was height of cutting (Figure 5). The first two components, PC1 and PC2, explained 67.4% of the total data variability. The plants that were coppiced at 10 cm above the soil, were placed mainly at the left of the plot (green points) as depicted in Figure 5a, with lower PC1 values. As may be observed in the vector plot (Figure 5b), PC1 was affected in a large extension mainly by the height and diameter of secondary branches and number of leaves. Most of the plants with higher PC1 values were coppiced at 40 cm above the soil. The variable's number of old and new secondary branches produced the dispersion of experimental points along the y-axis, with an effect on PC2 values. The vector plot described in Figure 5b also highlights the positive strong correlation in the height of secondary branches, the number of leaves and the emergence of 3rd branches, and the negative correlation between the number of old and new secondary branches.

The number of yerba-mate plants per plot ranged from 22 to 35. Of the 453 yerba-mate plants, only 9 plants did not develop branches, 4 of them were coppiced at 40 cm above the soil, 2 of them were coppiced in June and 2 in August. For plants that were coppiced at 10 cm above the soil, 5 did not develop branches, 3 of them were coppiced in June and 2 of them in August. These results show a low plant mortality rate and that the plants lost were randomly distributed in the four groups of the experiment design, without the effect of experimental conditions on mortality.

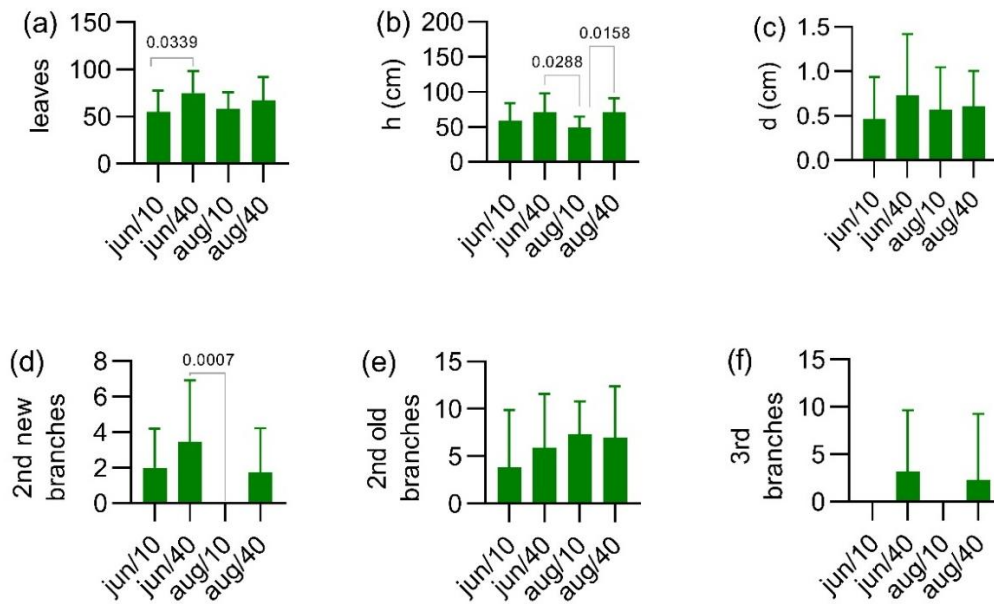


Figure 4. Effect of experimental conditions on the number of leaves (a), height of secondary branches (b), diameter of secondary branches (c), number of new secondary branches (d), number of old secondary branches (e) and number of tertiary branches (f). The data are represented as mean \pm standard deviation of at least 80 measurements. In (a) and (b) ANOVA + Tukey's test were used, and in (d) Kruskal–Wallis analysis + Dunn's test were used. During this period the temperature was 20.44 ± 6.08 °C (37.8 – 4.2 °C) and the rainfall was 196 mm, according to data from a local meteorological monitoring service.

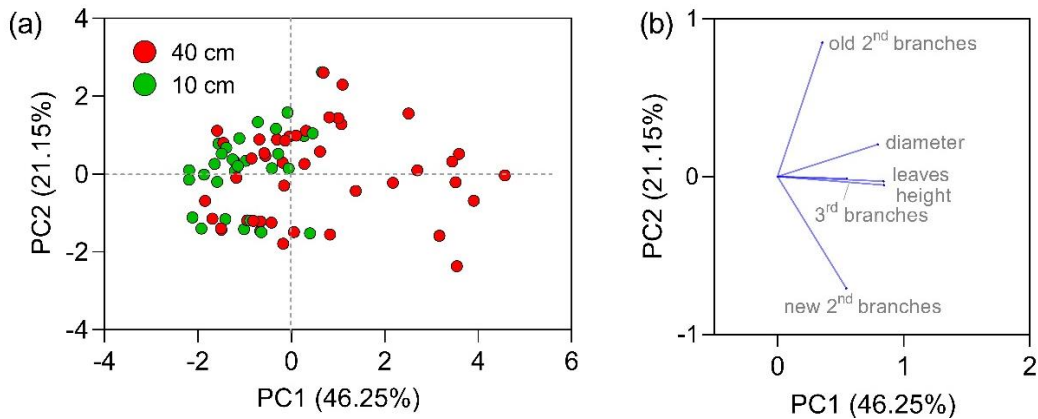


Figure 5. (a) Distribution in the hyperspace of the scores of the first two components of the data collected in 2020/Nov according to their morphological development. (b) Vector-correlation plot among the variables examined. The variables analyzed were the number of old and new secondary branches, diameter and number of leaves of old branches, and number of tertiary branches.

Yield Assessment

Table 1 shows the yerba-mate biomass produced in each parcel analyzed, in the four experimental conditions. The higher yield values after 2 years (2021) were found when the yerba-mate plants were coppiced in June, 40 cm above the soil, the condition which yielded 4.32 kg/plant, the value 109.7% higher than that of the harvesting performed at the experiment's start. It should be highlighted here that the first time the plants were submitted to radical

harvesting, when they were coppiced. The plants that were coppiced in August at 40 cm above the soil, showed the second highest increase in yield, 4.23 kg/plant, value 75.5% higher than the basal value. Other interesting values of yield was found in the plants that were coppiced in August at 10 cm above the soil. This experimental condition produced 3.01 kg/plant, 54.3% higher than the basal value. The lowest yield values were reached when the plants were coppiced in June at 10 cm above the soil, with 1.94 kg/plant, value lower than the basal yield level. The other aspect to be highlighted is that, in the second evaluation, about 10% of leaves were kept in the plants, aiming to avoid excessive damage to their new architecture.

Table 1. Yerba-mate biomass production in two different moments: at the start of the experiment and after two years of the intervention.

Parcel	Conditions			Biomass		kg/Plant		Raise (%)
	Month	Height	No. of Plants	2019	2021	2019	2021	
6	August	40	27	63	82	2.33	3.04	
8	August	40	27	40	111	1.48	4.11	
11	August	40	26	54	144	2.08	5.54	
	Total		111	267	428	2.41	4.23	75.5
7	August	10	35	84	65	2.40	1.86	
12	August	10	29	48	76	1.66	2.62	
15	August	10	24	40	124	1.67	5.17	
	Total		88	172	265	1.95	3.01	54.3
5	June	40	32	71	107	2.22	3.34	
10	June	40	22	75	124	3.41	5.64	
13	June	40	26	37	104	1.42	4.00	
	Total		112	231	397	2.06	4.32	109.7
4	June	10	25	54	25	2.16	1.00	
9	June	10	22	41	62	1.86	2.82	
14	June	10	30	87	62	2.90	2.07	
	Total		77	182	149	2.36	1.94	-17.7

Conclusions

The experimental design used in this study allowed the recovery of vigor and vegetative capacity of yerba-mate plants, with a high rate of survival. In the first two years of monitoring, the height of coppicing was the most important variable with an effect on buds' emergence and vigor. In weak yerba-mate crops, recovery pruning may be a promising alternative for the resumption of vegetative strength and stimulation of branches' emergence.

References

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, S. M. M. et al. Mate recognition by the green mate borer, *Hedypathes betulinus* (coleoptera: Cerambycidae): The role of cuticular compounds. *Journal of Insect Behavior*, v. 32, n. 2, p. 120-33, 2019/03/01 2019. ISSN 1572-8889. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s10905-019-09719-8> >.
- GUEDES, J. V. C.; D'AVILA, M.; DORNELLES, S. H. B. Comportamento de *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) em erva-mate em campo. *Ciência Rural*, v. 30, p. 1059-1061, 2000. ISSN 0103-8478.
- IBGE-SIDRA. Produção Agrícola Municipal - PEVS - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2020.

- LEWINSKI, C. S. et al. Effects of UV light on the physic-chemical properties of yerba-mate. *Nutrition & Food Science*, v. 45, n. 2, p. 221-228, 2015. ISSN 0034-6659. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/NFS-07-2014-0065> >. Acesso em: 2022/05/10.
- PENTEADO JUNIOR, J.; GOULART, I. D. R. Poda em erva-mate plantada. Embrapa Florestas p. 28p, 2017.
- SANTIN, D. et al. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n. 56, p. 97-97, 2008. ISSN 1983-2605.
- SCHMALKO, M. E.; PRAT KRIKUM, S. D.; KANZI, R. G. La yerba mate: Tecnología de la producción y propiedades. EdUNaM, 2015. ISBN 9505793979.
- SCHULER, H. R. et al. Ecosystem services from ecological agroforestry in Brazil: A systematic map of scientific evidence. *Land*, v. 11, n. 1, p. 83, 2022. ISSN 2073-445X. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2073-445X/11/1/83> >.
- STUEPP, C. A. et al. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decapea em erva-mate. *Ciência Florestal*, v. 26, p. 1009-1022, 2016. ISSN 0103-9954.
- VALDUGA, A. T. et al. Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. *Food Research International*, v. 120, p. 478-503, 2019/06/01/ 2019. ISSN 0963-9969. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996918308822>.

Inoculación de cepas nativas de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en plantines de yerba mate

López, Ana M.¹; Paiva, Daniela²; Berger, Silvina³; Schmid, Patricia⁴

¹Investigadora independiente, Reinaldo Becker 1852, Montecarlo, Misiones, Argentina, bioq.lopezana@gmail.com

²Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, dani.paiva.forestal@gmail.com

³Facultad de Ciencias Forestales (UNaM), Bertoni 122. Eldorado, Misiones, Argentina, silvin.berger@gmail.com

⁴INTA EEA Montecarlo, Av. El Libertador 2472, Misiones, Argentina, schmid.patricia@inta.gob.ar

Resumen: En este estudio, se investigaron los efectos de Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (MPCV) en el cultivo de yerba mate. Estos microorganismos, que incluyen bacterias y hongos, tienen la capacidad de mejorar el crecimiento y la productividad de las plantas mediante la síntesis de hormonas, la fijación de nitrógeno y la solubilización de nutrientes esenciales como el fosfato y el potasio. El objetivo del estudio fue evaluar los parámetros de crecimiento en plantines de yerba mate inoculados con microorganismos nativos que mostraban características prometedoras para mejorar el crecimiento vegetal. Se midieron las variables altura de las plantas, el contenido de clorofila, el diámetro a la altura del cuello, el peso fresco de la parte aérea y el peso fresco de las raíces. Los resultados obtenidos indicaron que las cepas bacterianas tuvieron un desempeño superior en comparación con las cepas de hongos utilizadas en el estudio. Los tratamientos con bacterias promotoras del crecimiento mostraron una mayor captación de nutrientes por parte de las plantas de yerba mate, lo que se reflejó en un mayor contenido de clorofila en las hojas y un aumento significativo en el peso fresco de la parte aérea y de las raíces de los plantines. Estos hallazgos son relevantes para la producción de yerba mate, ya que el uso de MPCV puede mejorar la salud de las plantas, aumentar su resistencia a enfermedades y plagas, y mejorar la absorción de nutrientes, lo que conduce a un cultivo más productivo y de mayor calidad. Además, el uso de MPCV reduce la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas sintéticos, lo que lo convierte en una práctica más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. En conclusión, los resultados respaldan la idea de que las cepas bacterianas nativas podrían ser una valiosa herramienta para optimizar el crecimiento de la yerba mate y, potencialmente, ser utilizadas a escala comercial. El uso de MPCV en la producción de yerba mate contribuye a la sustentabilidad del cultivo y ofrece perspectivas prometedoras para la agricultura sostenible en la región yerbatera. Es importante seguir investigando y desarrollando estas tecnologías para promover una producción agrícola más saludable y respetuosa con el medio ambiente.

Palabras clave: MPCV. Biotecnología. Agricultura Sostenible. *Ilex paraguariensis*.

Introducción

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV) son un grupo heterogéneo de microorganismos que pueden incrementar el crecimiento y productividad en las plantas (Namala y Smith, 2020). En este grupo se incluyen las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, los hongos micorrícicos arbusculares y los rizobios. Los MPCV pueden aumentar la producción de biomasa en las plantas mediante la síntesis de hormonas, la fijación de nitrógeno y la solubilización de fosfato y potasio (Ma, 2019). Estas funciones propician el desarrollo de los cultivos en suelos pobres con bajos niveles de nutrientes, el aumento de la tolerancia de las

plantas a condiciones de estrés y la capacidad de fitorremediación en suelos contaminados (Dhawi, 2023).

El uso de MPCV en la producción de yerba mate ha ganado popularidad en los últimos años debido a los numerosos beneficios que ofrecen para el cultivo. Estos microorganismos, desempeñan un papel clave en el mejoramiento de la salud de las plantas, el aumento de su resistencia a enfermedades y plagas, y la mejora de la absorción de nutrientes (Tanya Morocho y Leiva-Mora 2019). Esto se traduce en un cultivo más productivo y de mayor calidad, al tiempo que se reduce la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas sintéticos. El uso de MPCV es una práctica respetuosa con el medio ambiente que contribuye al desarrollo de una producción de yerba mate más saludable y sostenible.

Objetivo

Evaluar parámetros de crecimiento en plantines de yerba mate inoculados con microorganismos nativos (hongos y bacterias), que presentan características prometedoras para promover el crecimiento vegetal.

Materiales y Métodos

Las cepas de MPCV utilizadas en el presente trabajo, corresponden a aislamientos realizados en el laboratorio de Bioinsumos de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Montecarlo, en la provincia de Misiones, Argentina. Las bioprospecciones fueron realizadas en el Campo Anexo Manuel Belgrano del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), ubicado sobre Ruta Nacional 101, Km 452, en el Departamento Manuel Belgrano (26° 04' de Latitud Sur y a los 53° 76' de Longitud Oeste, San Antonio, Misiones, Argentina). Diseño y características del ensayo: completamente aleatorizado, (11 tratamientos x 4 repeticiones x 10 plantines comerciales de yerba mate de 3 meses) (Tabla 1), Sustrato: Corteza de pino compostada con fertilizante de liberación lenta, T° ambiente, riego diario por goteo, tres inoculaciones durante el ensayo. Se midieron las variables: Altura (cm), Contenido de clorofila (unidades SPAD, CAVADEVICE®), DAC (diámetro a la altura del cuello, en mm) Peso fresco de parte aérea y radicular (g), a los 76 días, donde se realizó la medición final de los parámetros de crecimiento mencionados.

Tabla 1. Microorganismos empleados en los ensayos en función de sus características promotoras.

Tratamiento	Característica de selección del Microorganismo
Bacteria 1	Solubilizadora de Fosfato
Bacteria 2	Solubilizadora de Fosfato
Bacteria 3	Productora de Auxina
Bacteria 4	Solubilizadora de Nitrógeno
Bacteria 5	Productora de Auxina
Control	Sin Microorganismo
Hongo 1	Antagonista mal de la tela
Hongo 2	Antagonista mal de la tela
Hongo 3	Productora de Auxina
Hongo 4	Antagonista mal de la tela
Hongo 5	Antagonista mal de la tela

Análisis estadístico

En este estudio se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia de las diferencias de medias entre los tratamientos evaluados. La hipótesis nula a prueba era que

no había diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (prueba de Levene). Las variables que no cumplieran con el supuesto de homocedasticidad se transformaron a escala logarítmica (log10). A continuación, se realizaron ANOVAs utilizando las variables que cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Para las variables que no cumplieron con el supuesto de normalidad, se utilizó el método no paramétrico de Kruskal-Wallis. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para todos los análisis realizados. Después de realizar los ANOVAs y Kruskal-Wallis, se llevaron a cabo pruebas de comparaciones múltiples para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Para las variables evaluadas con ANOVA se usó test de Tukey y para las variables evaluadas con Kruskal-Wallis, se aplicó el test de Wilcoxon como prueba post-hoc. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico R (Rstudio versión 2023.06.0. R Core Team, 2020) y los paquetes estadísticos correspondientes (stats, car y ggplot).

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos del análisis de comparaciones múltiples de las variables evaluadas contra el tratamiento Control (sin inocular). El contenido de clorofila se vio afectado por todos los tratamientos bacterianos aplicados a los plantines. Se determinaron diferencias estadísticas significativas en la totalidad de los tratamientos de aislados bacterianos (Bacteria 1, 2, 3, 4 y 5). Además, los tratamientos con aislados fúngicos compatibles con cepas de *Trichoderma* (Hongo 3 y Hongo 5) mostraron diferencia estadística significativa respecto al tratamiento Control.

El contenido de clorofila medido en las hojas indica que el tratamiento de inoculación con bacterias y dos cepas de hongos permitió una mayor captación de nutrientes por parte de las plantas de yerba mate inoculadas con estas cepas. Resultados similares fueron observados en plantas de frutilla inoculadas con bacterias (Lovaisa et al., 2015). También fue informado que en plantas de maíz inoculadas con una mezcla de bacterias se encontró un mayor contenido de clorofila en sus hojas (Kouchebagh et al., 2012). En el caso de la variable DAC analizado en los plantines, el tratamiento Bacteria 1 presentó diferencias estadísticas significativas con respecto al tratamiento Control. En el caso de la variable ALTURA, se encontraron diferencias estadísticas significativas en todos los tratamientos con aislados bacterianos (Bacteria 1, 2, 3, 4 y 5) y con el tratamiento Hongo 5, respecto al tratamiento Control sin inocular.

Tabla 2. Se presentan los valores de las medias de cada tratamiento (sin transformación de los datos para facilitar su interpretación). *Indica significancia estadística con respecto al tratamiento Control (sin inocular).

Tratamiento	Variables				
	DAC (mm)	Cont. Clorofila (SPAD)	Altura (cm)	P. Fresco Aereo (g)	P. Fresco Raíz (g)
Bacteria 1	3.91*	36.89*	27.13*	6.35*	5.39*
Bacteria 2	3.77	36.5*	29.03*	6.25*	4.68
Bacteria 3	3.66	35.22*	28.14*	5.63*	4.16
Bacteria 4	3.83	37.65*	27.25*	6.47*	4.12
Bacteria 5	3.65	36.97*	26.97*	5.42*	4.07
CONTROL	3.45	24.51	18.74	3.76	3.95
HONGO 1	3.36	26.68	19.4	4.27	4.13
HONGO 2	3.47	27.95	18.92	4.0	4.86*
HONGO 3	3.55	34.86*	19.81	4.36	4.40
HONGO 4	3.46	27.74	20.49	4.18	4.02
HONGO 5	3.66	30.28*	22.67*	4.74	3.64

Test de Tukey ($\alpha=0,05$)

Test de Wilcoxon ($\alpha=0,05$)

En el caso de los valores medios de peso fresco de la parte aérea, todos los tratamientos con aislados bacterianos (Bacteria 1, 2, 3, 4 y 5) fueron superiores con significancia estadística respecto al tratamiento Control. En cuanto a los valores de peso fresco de raíces de los plantines de yerba, el tratamiento Bacteria 1 y Hongo 2 presentaron valores medios estadísticamente significativos con respecto al tratamiento Control.

Conclusión

Los resultados obtenidos de los parámetros de crecimiento evaluados indican que las cepas bacterianas exhibieron un desempeño superior en comparación con las cepas de hongos utilizadas en este trabajo de investigación. Esto sugiere que las cepas bacterianas podrían ser una alternativa biotecnológica prometedora para su implementación en el cultivo de yerba mate. Al analizar los aislamientos de microorganismos nativos provenientes de plantaciones de yerba mate en la región de Misiones, Argentina se descubrieron especies capaces de estimular el crecimiento de las plantas de yerba mate en la etapa de vivero (López, 2021). Estos hallazgos no solo contribuyen a la sustentabilidad del cultivo, sino que también abren la posibilidad de utilizar bioinsumos basados en estos microorganismos, lo que permitiría reducir al mínimo el uso de agroquímicos. Vale resaltar, además, que podríamos estar a las puertas de productos con potencial para desarrollarse a escala comercial, tornándose una fuente de trabajo e ingresos en la región yerbatera. Los resultados respaldan la idea de que las cepas bacterianas nativas podrían ser una valiosa herramienta para optimizar el crecimiento de la yerba mate. Su potencial como bioinsumos abre nuevas perspectivas para la agricultura sostenible y promueve prácticas más amigables con el medio ambiente.

Agradecimiento

Esta investigación contó con financiamiento parcial del proyecto: “Bioinoculantes a base de microorganismos promotores del crecimiento vegetal para el sector agroforestal.” Convenio N° 2018-59701245 COFECyT, del Ministerio de Ciencia y Técnica de Argentina (MINCyT).

Referencias Bibliográficas

- DHAWI, F. The Role of Plant Growth-Promoting Microorganisms (PGPMs) and Their Feasibility in Hydroponics and Vertical Farming. *Metabolites*. 13 (2): 247. 2023
- KOUCHEBAGH, S.B., MIRSHEKARI, B., FARAHVASH, F. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. *World Applied Science Journal* 16 (9): 12391242. 2012.
- MA, Y. Biotechnological potential of plant-microbe interactions in environmental decontamination. *Front. Plant Sci.*; 10:15-19. 2019.
- LÓPEZ, A.C. Tesis Doctoral. Selección y caracterización de microorganismos con capacidad antifúngica y fertilizante aislados de la rizosfera de plantas de yerba mate de la provincia de Misiones para su aplicación como promotores del crecimiento vegetal. UNLP, Buenos Aires, Argentina. 2021
- LOVAISA, N.C., GUERRERO-MOLINA, M.F., DELAPORTE P.G., SALAZAR S.M. Response of strawberry plants inoculated with *Azospirillum* and *Burkholderia* at field conditions. *Rev. Agron. Noroeste Argent.* 38 (1). 2015
- NAAMALA, J., SMITH, D. L. Relevance of Plant Growth Promoting Microorganisms and Their Derived Compounds, in the Face of Climate Change. *Agronomy*, 10 (8), 1179. 2020.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

TANYA-MOROCHO, M., LEIVA-MORA, M. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola, 46 (2), 93-103. 2019.

Nível de sombra na produtividade inicial de clones de erva-mate

Santin, Delmar¹; Romanchuk, José Carlos²; Soares, Márcia Toffani de³; Wendling, Ivar³; Pauletti, Volnei⁴; Benedetti, Eliziane Luiza⁵

¹Consultor/Produtor – Autônomo. Canoinhas – SC, Brasil. Email: desantinflorestal@yahoo.com.br

²Graduando do curso de Bacharelado em Agronomia. Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC, Canoinhas. Av. Expedicionários, 2150, Canoinhas-SC, Brasil, jose.cr12@aluno.ifsc.edu.br

³Pesquisadora/pesquisador. Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, Km 111, Colombo-PR, Brasil, marcia.toffani@embrapa.br, ivar.wendling@embrapa.br

⁴Professor/Pesquisador. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Rua dos Funcionários, 1540 – Juvevê, Curitiba - PR, Brasil.

⁵Professora/Pesquisadora. Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC, Canoinhas. Av. Expedicionários, 2150, Canoinhas-SC, Brasil, eliziane.benedetti@ifsc.edu.br

Resumo: O cultivo de erva-mate em sub-bosque de florestas é um sistema de cultivo bastante utilizado e uma forma de conservação da floresta. No entanto, quanto maior o sombreamento menor a produtividade. Para determinar qual o nível de sombreamento para manutenção da produtividade da erva-mate e da floresta desenvolveu-se esse estudo com o objetivo de avaliar a produtividade de clones de erva mate em diferentes níveis de sombreamento. O experimento foi instalado em fevereiro de 2021 em Canoinhas, SC (BR). Os tratamentos foram arranjados no fatorial 3 x 2 em esquema de parcela subdividida, com três níveis de sombra: Alto (58 % de sombreamento), Médio (52 % de sombreamento) e Baixo (30 % de sombreamento) e dois clones (Aupaba e EC40), sendo a parcela constituída pelos níveis de sombra e a subparcela pelos clones. As mudas foram propagadas por miniestaquia, plantadas no espaçamento de 1,65 x 2,75 m. Para formar os níveis de sombreamento foi mantido plantas nativas. Em fevereiro de 2023 realizou-se a colheita, quando se determinou a erva comercial (galho fino + folhas), galho grosso, galho fino, folha e total. Os dados foram submetidos à Anova e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. A produtividade de todas as variáveis foi maior, quanto menor o nível de sombra. O clone Aupaba produziu mais folha, erva-mate comercial e total que EC40 nos três níveis de sombra. A máxima produtividade de erva-mate ocorre com nível de 30 % de sombra. Nível de sombra de 58 % reduz 77 % a produtividade total de massa colhida da erva-mate. Considerando a massa total média produzida em nível baixo, médio e alto de sombra, o clone Aupaba é em média 45 % mais produtivo que o EC40.

Palavras-chave: Propagação vegetativa. *Ilex paraguariensis*. Sombreamento.

Introdução

A intensidade luminosa é um importante fator de produção para espécies vegetais. A taxa fotossintética de plantas sombreadas são menores e anatomicamente desenvolvem folhas mais finas por consequência de células paliçádicas mais curtas (Kerbaui, 2019), resultando em menores produções.

A erva-mate, espécie clímax tolerante à sombra, desenvolve naturalmente nas associações mais evoluídas dos pinhais, regenera-se com facilidade quando os estratos arbóreo superior, arbustivo e herbáceo são raleados (Carvalho, 2003). A presença de estômatos apenas na região abaxial das folhas, classifica a erva-mate no grupo de espécies que evitam a sombra e protegem o aparelho fotossintético do excesso de radiação solar (Rakocevic et al., 2003, 2011), indicando sua adaptação para cultivo também a pleno sol (Santin et al., 2015a).

Sua ocorrência no sub-bosque de remanescentes florestais ajuda na conservação das florestas, porém para que sua exploração seja sustentável, ambientalmente e economicamente, deve-se conhecer qual o nível de sombra que favorece a produção e que permita que a floresta seja mantida em pé.

Dessa maneira, o trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de clones de erva-mate estabelecidos sob diferentes níveis de sombra.

Materiais e Métodos

O experimento foi instalado em fevereiro de 2021 em Canoinhas-SC, Brasil, localizado no Planalto Norte Catarinense (26°20'21"S e 50°35'45"W e altitude de 815 m), sob clima temperado (Cfb), com precipitação pluvial média anual entre 1600 a 1800 mm (IAPAR, 1994). No local o solo era quimicamente de baixa fertilidade (Tabela 1). Antes do plantio foi incorporado a 0-20 cm de profundidade (subsolagem cruzada) em área total 5 t/ha de calcário dolomítico, 540 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 100 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), conforme Santin et al. (2015). Para a aplicação de fósforo e potássio, calculou-se a dose para aplicar incorporada na cova de plantio e extrapolou-se para área total.

Tabela 1. Propriedades do solo do local do experimento antes do plantio.

P	K	Ca	Mg	CTC _{ph7,0}	MO	Argila
--- mg dm ⁻³ ---		----- cmol _c dm ⁻³ -----			----- % -----	
2,10	87,00	0,82	0,23	31,97	2,40	34,00

Foram utilizados os clones Aupaba e EC40, provenientes respectivamente, de São Mateus do Sul-PR e de experimento de procedências de Ivaí-PR. As mudas foram propagadas por miniestaquia em viveiro, produzidas em tubete de 180 cm³ e quando apresentavam em média 20 cm de altura foram plantadas em covas com 25 x 25 cm, sem adubação na cova. O plantio foi realizado no espaçamento de 1,65 x 2,75 m (2.204 plantas ha⁻¹). Em mar/2021, set/2021, fev/2022 e set/2022 aplicou-se 15 g planta⁻¹ de N (ureia), superficialmente na projeção da copa, distante 20 cm do tronco.

Os tratamentos foram arrançados no fatorial 3 x 2 em esquema de parcela subdividida, com três níveis de sombra e dois clones, sendo a parcela constituída pelos níveis de sombra e a subparcela pelos clones. Cada unidade experimental é composta por quatro plantas úteis, com duas linhas de bordadura. Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. Para evitar a interferência de sombra sobre tratamentos, manteve-se uma distância de 20 m entre os tratamentos de nível de sombra.

Para quantificar o sombreamento pela presença de indivíduos arbóreos remanescentes (predominantemente imbuia, canela, araucária e bracinga) foram obtidas 12 fotografias digitais coloridas por tratamento, equidistantes entre si para maior representatividade do ambiente. Para isso, foi utilizada uma câmera fotográfica digital Canon EOS 6D Full Frame acoplada à um lente olho de peixe, ajustada a 8 mm, com a lente apontada para o céu e orientação ao Norte magnético. A captura das imagens foi realizada com câmera fotográfica digital Canon EOS 6D Full Frame acoplada à um lente olho de peixe, e o processamento no software Gap Light Analyser versão 2.0 (Frazer et al., 1990). A partir dos valores estimados pelo aplicativo, foi calculado o valor médio de abertura do dossel em cada tratamento resultando três níveis de sombra: Baixo (abertura do dossel em 70 % -sombreamento de 30 %), Médio (abertura do dossel em 49 % - sombreamento de 51 %) e Alto (abertura dossel em 42 % - sombreamento de 58 %) (Figura 1).

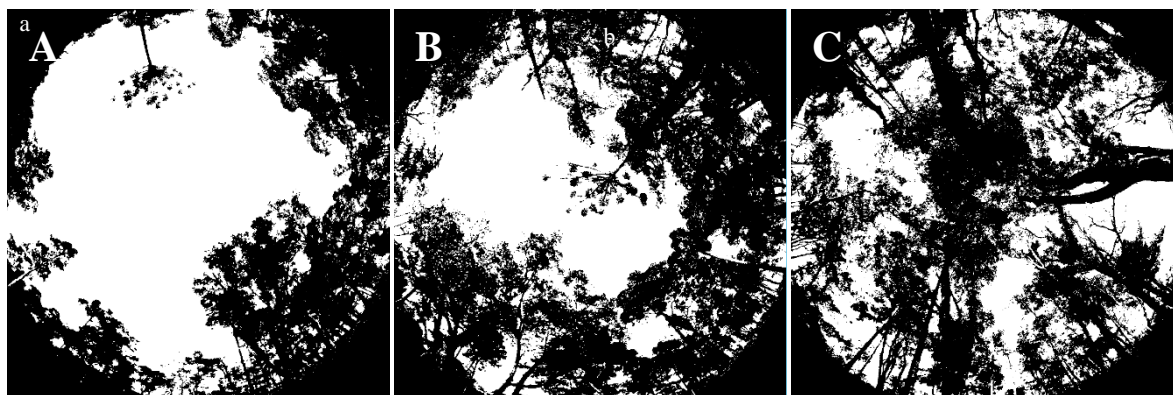


Figura 1. Comparação entre fotografias hemisféricas obtidas nos plantios de erva-mate sob sombra em nível: Baixo (A), Médio (B) e Alto (C), pela influência da sombra de árvores remanescentes da vegetação nativa. Imagens analisadas no software Gap Light Analyser versão 2.0.

Em fevereiro de 2023 realizou-se a primeira colheita da erva-mate, retirando-se aproximadamente 95 % da massa verde, sendo separada a erva-mate comercial (ECOM= folha+galho fino) do galho grosso (GG) e determinada a quantidade de massa verde de ambos. Na colheita retirou-se amostra representativa por parcela de ECOM, onde foi separada em folha (FO) e galho fino (GF) e determinado o peso de ambas. Com a soma da ECOM e GG gerou a massa total (Total). Os dados foram submetidos à Anova e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Todas as variáveis foram influenciadas significativamente pelo nível de sombra e clone (Figura 2). A produtividade de folha (Figura 2A), galho fino (Figura 2B), ECOM (Figura 2E) e Total (Figura 2F) foram influenciadas pela interação de nível de sombra e clone. Já a produtividade de galho grosso (Figura 2C e D) foi afetada de forma independente, pelo nível de sombra e de clone.

Na produtividade de folha (Figura 2A), de galho fino (Figura 2B), galho grosso (Figura 2C), erva-mate comercial (Figura 2E) e total (Figura 2F) a massa foi maior, quanto menor o nível de sombra. O clone Aupaba foi superior ao EC40 nos três níveis de sombra, na produtividade de folha, erva-mate comercial e total. Para o galho fino, Aupaba somente não diferiu ao EC40 no nível alto de sombra (Figura 2B). Na produtividade de galho grosso, na média dos três níveis de sombra, Aupaba também foi superior ao EC40 (Figura 2D). A maior produtividade de todos os componentes avaliados, quanto maior o nível de sombra para ambos os clones, provavelmente esteja relacionada a limitação fotossintética da erva-mate por falta de luz nos ambientes mais sombreados.

Essa hipótese foi confirmada por Rakocevic et al (2011a), quando a erva-mate em cultivo sombreado apresentou menor produção de fotoassimilados e conseqüentemente menor crescimento que a de ambiente de sol. Outro fator é que em maior nível de sombreamento as folhas tendem a aumentar a superfície (maior expansão da lâmina foliar) e reduzir a espessura, proporcionando menor peso (KERBAUY, 2019). Esse comportamento refletiu no menor peso

com o maior sombreamento de todos os componentes de produção avaliados (Figura 2 A, B, C, E e F).

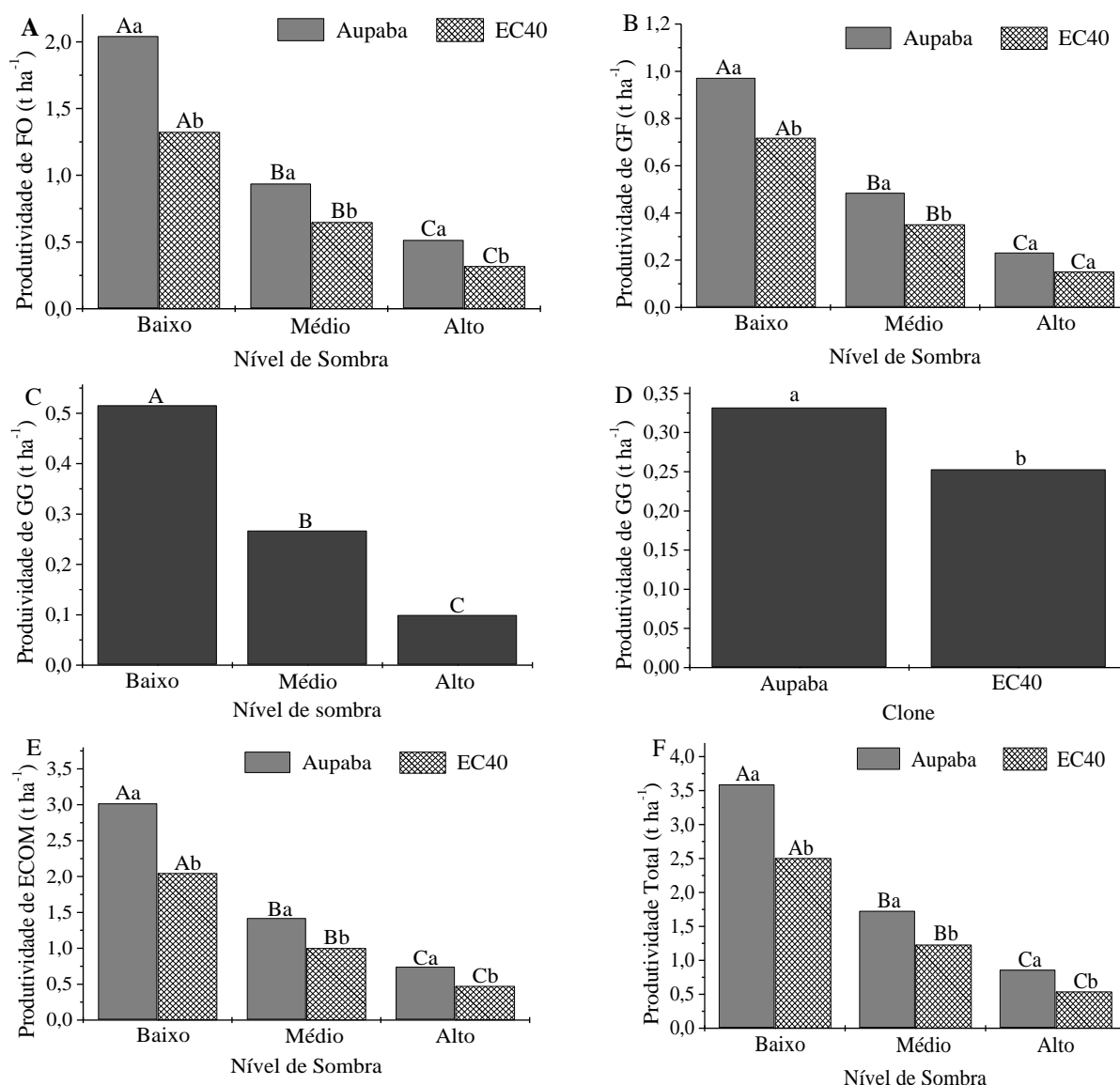


Figura 2. Produtividade de folha (FO) (A), galho fino (GF) (B), galho grosso (GG) (C e D), erva-mate comercial (ECOM) (E) e total (F) do clone Aupaba e EC40 em condição de nível baixo, médio e alto de sombra. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não difere estatisticamente entre nível de sombra e médias seguidas pela mesma letra minúscula não difere estatisticamente entre clones ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O cultivo da erva-mate em remanescentes florestais é importante para a conservação das florestas, porém, considerando a produtividade de ECOM em Alto (Aupaba= $0,74\ t\ ha^{-1}$ e EC40= $0,48\ t\ ha^{-1}$) e Baixo (Aupaba= $3,0\ t\ ha^{-1}$ e EC40= $2,0\ t\ ha^{-1}$) nível de sombra, sugere que para o sistema ser sustentável economicamente é fundamental que se faça o manejo do nível de sombreamento através de podas. Isso porque, nessa condição, o aumento de produtividade de ECOM de 407 e 431 %, respectivamente, para AU e EC40 (Figura 2E), ocorreu mesmo mantendo 30 % de sombra (nível baixo), que é fundamental para a conservação de florestas. Segundo Rachwal et al., (2002), quando a luminosidade relativa do erval passa de 77 % para

19 %, a produtividade de erva-mate comercial pode reduzir mais de 75 %. Naturalmente a erva-mate se regenera com facilidade quando os estratos arbóreo superior, arbustivo e herbáceo são raleados (Carvalho, 2003), isso indica a necessidade de entrada de luz no sistema para sua regeneração e crescimento. A ocorrência de estômatos apenas na região abaxial das folhas, que classifica a erva-mate no grupo de espécies que evitam a sombra (Rakocevic et al., 2011b), corrobora para os resultados obtidos, pois, para obter alta produtividade a erva-mate necessita de luz abundante.

Com exceção do nível baixo de sombra para a produtividade de galho fino (Figura 2B), nos demais componentes avaliados, o clone Aupaba foi superior ao EC40. Na seleção de material genético superior se busca, entre outras variáveis de interesse, alta produtividade de erva-mate comercial e baixa de galho grosso (Santin et al, 2015b). O clone Aupaba foi superior ao EC40 na produtividade de galho grosso (Figura 2D). Mas esse fato nem sempre é fator negativo, pois, na planta a erva-mate comercial é suportada pelo galho grosso. Nessa lógica, o que importa é a relação entre variáveis (ECOM/GG), sendo quanto maior o valor da relação, melhor (Santin et al, 2015b), pois, a planta investe mais energia para produzir erva-mate comercial e menos para produzir galho grosso. Estima-se que no Sul do Brasil está sendo explorado, em média, menos de 30 % do potencial produtivo da erva-mate por área, em virtude da falta de seleção e propagação clonal de matrizes superiores, juntamente com um programa de nutrição da erva-mate (Wendling e Brondani, 2015).

A superioridade do Aupaba em relação ao EC40, pode ser visto no baixo nível de sombra, onde a massa de erva-mate comercial e total foi, respectivamente, 147 e 143 % superior. A grande superioridade do Aupaba em relação ao EC40 na produtividade de todas as variáveis analisadas, indica um grande ganho em produtividade ainda a ser explorada com a seleção de materiais genéticos na cultura da erva-mate.

Conclusões

A máxima produtividade de erva-mate ocorre com nível de 30 % de sombra. Nível de sombra de 58 % reduz 77 % a produtividade total de massa colhida da erva-mate. Considerando a massa total média produzida em nível baixo, médio e alto de sombra, o clone Aupaba é em média 45 % mais produtivo que o EC40.

Referências Bibliográficas

- CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Illex paraguariensis* a. St. Hil. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. *Ciência florestal*, v.24, n.2, p.257-265, 2014.
- CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, 2003. 1039p.
- FRAZER, G. W., CANHAM, C. D., & LERTZMAN, K. P. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, 1999. 36p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina. IAPAR, 1994. 49p.
- RACHWAL, M.F.G.; COELHO, G.C.; DEDECEK, R.A.; CURCIO, G.R.; SCHENKEL, E.P. Influência da luminosidade sobre a produção de massa foliar e teores de macronutrientes, fenóis totais, cafeína e teobromina em folhas de erva-mate. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 5 p. (Comunicado Técnico, 81).

- RAKOCEVIC, M.; BORSATO, A.V.; BONA, C.; MEDRADO, M.J.S. Distribuição de estômatos em folhas de diferentes idades de erva-mate cultivada em monocultura e sub-bosque. In: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 5. Posadas, 2011, Actas... Posadas: INYM/ INTA/INaM, 2011. p.45-50.
- RAKOCEVIC, M.; MEDRADO, M. J. S.; TAKAKI, M. Aspectos fotomorfológicos de plantas jovens de erva-mate. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3., Chapecó, 2003. Anais... Chapecó: EPAGRI, 2003. 5 p. CD-ROM.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; REISSMANN, C. B. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015b, p. 99-195.
- SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; MORANDI, D.; DOMINGOS, D. M. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. Ciência Florestal, v. 25, p. 571-579, 2015b.
- KERBAUY, G.B. Fisiologia vegetal. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan LTDA, 2019. 430 p.
- WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015b, p. 11-98.

Forma de propagação e procedência na curva de produtividade de erva-mate ao longo de dez colheitas

Santin, Delmar¹; Wendling, Ivar²; Benedetti, Eliziane Luiza³; Pauletti, Volnei⁴

¹Consultor/Produtor/Pesquisador. Canoinhas-SC, Brasil, desantinflorestal@yahoo.com.br

²Pesquisador. Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, Km 111, Colombo-PR, Brasil, ivar.wendling@embrapa.br

³Professora/Pesquisadora. Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC, Canoinhas. Av. Expedicionários, 2150, Canoinhas-SC, Brasil, eliziane.benedetti@ifsc.edu.br

⁴Professor. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Rua dos Funcionários, 1540 – Juvevê, Curitiba - PR, Brasil.

Resumo: No Brasil a maioria dos plantios de erva-mate ainda ocorrem com mudas propagadas por semente, mesmo que a técnica de propagação vegetativa seja conhecida. Os estudos a campo, predominantemente, são pontuais e de curto prazo, dificultando um conhecimento mais amplo da curva de produtividade desta cultura. Objetivamos avaliar a produtividade da erva-mate com mudas propagadas por miniestaquia durante 10 colheitas subsequentes. O experimento foi instalado em 08/2005 no espaçamento de 3,0 x 1,2 m em São Mateus do Sul-PR, Brasil com mudas propagadas por semente, sendo procedência São Mateus do Sul (SMS/SE)) e com mudas propagadas por miniestaquia em nível de progênie, sendo, procedência Bituruna (BI/MI), Cruz Machado (CM/MI) e São Mateus do Sul (SMS/MI)). Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos casualizados com nove repetições. A unidade experimental foi composta por nove plantas úteis, com duas linhas como bordadura. Avaliou-se por 10 colheitas a produtividade de galho grosso (GG), erva-mate comercial (ECOM) e total (GG+ECOM). A máxima eficiência técnica (MET) para a produtividade de GG ocorreu entre 12,2 a 12,9 anos de idade, com produtividade máxima (P.M) entre 15,4 a 18,2 t ha⁻¹. Já para a ECOM, a MET ocorreu quando o erval tinha entre 16,0 e 17,0 anos, com P.M entre 32,9 a 39,2 t ha⁻¹ a cada colheita. Na massa total, a P.M (entre 45,5 a 55,5 t ha⁻¹) ocorreu entre 14,5 a 15,5 anos. A maior produtividade de todos os componentes ocorreu nas procedências propagadas por miniestaquia e, as menores, na de semente. A estabilização da produtividade máxima da erva-mate depende da procedência, da técnica de propagação das mudas e do componente avaliado, sendo a de galho grosso e de massa total entre 12,2 a 15,5 anos após o plantio do erval. Mas para estabilizar a máxima produtividade de erva-mate comercial, o plantio precisa de maior idade. A propagação vegetativa por miniestaquia é uma técnica já desenvolvida e recomendada na cultura da erva-mate, pois, impulsiona positivamente o ganho em produtividade do plantio em relação a propagação seminal.

Palavras chave: Propagação vegetativa. *Ilex paraguariensis*. Produtividade máxima

Introdução

Atualmente no Brasil ocorre o predomínio de plantios de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) com mudas propagadas via seminal, mesmo que a técnica de propagação vegetativa já seja conhecida (Wendling, 2004). A utilização da propagação vegetativa ou clonagem poderia reduzir a heterogeneidade e a baixa produtividade dos plantios por mudas seminais (Wendling e Brondani, 2015). Mas os raros relatos de plantios a campo passavam insegurança ao produtor, resistindo em adquirir esta tecnologia.

A maioria dos experimentos relacionados a produtividade de erva-mate contemplam poucas colheitas (Santin et al., 2016; 2019) raramente com várias (Pandolfo et al., 2003). Considerando

que a erva-mate é uma espécie de grande longevidade, somente experimentos a longo prazo permite gerar informações mais realistas que permitem a geração de ciência para essa cultura. Isso porque, hipoteticamente, durante o ciclo produtivo dessa cultura ocorrem várias fases de crescimento, como: planta jovem (até a primeira colheita); formação de copa (dois a seis anos); aumento de produtividade (12 a 18 anos); máxima produtividade (após aos 18 a 29 anos); e declínio da produtividade (30 a 40 anos) (Santin et al., 2015). No entanto, até hoje não há registro do acompanhamento da curva de produtividade que contempla todas as fases de crescimento da erva-mate, o que dificulta inferir sobre o real potencial produtivo e quando este ocorre. Diante disso, o objetivo foi avaliar a produtividade da erva-mate durante 10 colheitas de plantio com mudas propagadas por miniestaquia ou semente de diferentes procedências.

Materiais e Métodos

O experimento foi instalado em agosto de 2005 no município de São Mateus do Sul - PR, localizado no segundo Planalto Paranaense (longitude 50°26'09"O e latitude de 25°44'43"S) a 820 m de altitude. Na região o clima é temperado (Cfb) com precipitação pluvial média anual entre 1600 a 1800 mm (IAPAR, 1994) e, os solos, predominam Latossolo Amarelo, Podzólico Vermelho-Escuro e Cambissolos (Castella e Britez, 2004), sendo no local um solo de baixa fertilidade e ácido (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de argila e propriedades químicas do solo de 0 a 20 cm de profundidade no local do experimento, São Mateus do Sul-PR.

P	K	Ca	Mg	CTC _{pH7,0}	MO	Argila
--- mg dm ⁻³ ---		----- cmol _c dm ⁻³ -----			----- % -----	
1,20	119,0	1,98	0,98	37,76	2,60	44,0

Extratores: Mehlich⁻¹ (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹): P e K e KCl (1 mol L⁻¹): Ca, Mg e Al.

As sementes utilizadas na produção das mudas da SMS/SE foram coletadas das mesmas matrizes que se propagaram as mudas da SMS/MI. Para a produção de mudas por miniestacas as sementes foram coletadas em fevereiro de 2003 e para as mudas da SMS/SE, em fevereiro de 2004, ambas de matrizes adultas nativas de cada procedência. As sementes, depois de lavadas e estratificadas em areia por cinco meses, foram semeadas em sementeira. As plântulas propagadas por semente, ao atingirem aproximadamente 2 cm de altura foram transplantadas para tubetes plásticos de 110 cm³, onde permaneceram até atingirem em média 15 cm de altura quando foram plantadas a campo ou em canaletão para posterior coleta de propágulos e propagação por miniestaquia (Wendling et al., 2007). Após as mudas passarem pelos processos de enraizamento, aclimação e rustificação, ao atingirem altura média de 15 cm foram plantadas a campo.

O plantio foi realizado em agosto de 2005 no espaçamento de 3,0 x 1,2 m. A primeira colheita foi efetuada em agosto de 2008, a aproximadamente 60 cm de altura do nível do solo.

A primeira e segunda colheita foi efetuada com intervalo de 3,0 e 2,0 anos, respectivamente, sendo as demais com 1,5 anos de intervalo (Tabela 2). Após a segunda colheita iniciou-se a nutrição do erval, com doses de N, P e K variáveis ao longo das colheitas. Para suprir o N utilizou-se 33,3 % de N com ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio. O P e K foram supridos com superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. A dose total de adubos para cada intervalo de colheita foi aplicada parcelado em três vezes iguais, em setembro e fevereiro (Tabela 2). Em fevereiro de 2012 e 2018, aplicou-se superficialmente sem incorporar 1 e 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, respectivamente.

Os tratamentos foram arrançados no fatorial 4 x 10, com quatro procedências de erva-mate e 10 colheitas (ao longo de 17 anos). Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos

casualizados com nove repetições. A unidade experimental foi composta por nove plantas úteis, com duas linhas como bordadura entre parcelas. Os tratamentos relacionados às procedências de erva-mate consistiram de uma testemunha, com mudas propagadas por sementes, sendo procedência São Mateus do Sul (SMS/SE) e de mudas propagadas vegetativamente por miniestaquia em nível de progênies, sendo, procedência Bituruna (BI/MI), Cruz Machado (CM/MI) e São Mateus do Sul (SMS/MI), todas do Paraná - BR.

Tabela 2. Ano, época, intervalo de colheita e doses de nutrientes aplicada ao longo do experimento.

Ano/época	Colheita		Dose de nutrientes (kg ha ⁻¹)		
	Intervalo (anos)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
2008/ago	3,0	0	0	0	
2010/ago	2,0	0	0	0	
2012/fev	1,5	130	40	40	
2013/ago	1,5	130	40	40	
2015/fev	1,5	300	140	270	
2016/ago	1,5	300	140	270	
2018/fev	1,5	345	190	150	
2019/ago	1,5	345	190	150	
2021/fev	1,5	345	190	150	
2022/ago	1,5	460	190	170	

A colheita foi realizada retirando-se aproximadamente 95 % da massa verde, da qual foi separada a erva-mate comercial (ECOM= folha+galho fino) do galho grosso (GG) e determinada a quantidade de massa verde de ambos. A soma do GG + ECOM gerou a massa total. O corte para a colheita foi efetuado entre 10 a 15 cm acima da posição da última poda. Considerou-se como GF os galhos com diâmetro menor de 7 mm, aproximadamente, e acima deste diâmetro como GG.

Avaliou-se a produtividade de massa verde dos componentes, GG, ECOM e total. Os dados foram submetidos à análise da variância e o efeito de idade do plantio avaliado por análise de regressão.

Resultados e Discussão

A idade do plantio influenciou significativamente a produtividade do galho grosso (GG), erva-mate comercial (ECOM) e total (Figura 1). Para o GG a máxima eficiência técnica (MET) ocorreu entre 12,2 a 12,9 anos de idade do plantio, com produtividade máxima (P.M) entre 15,4 a 18,2 t ha⁻¹ (Figura 1 A e Tabela 3). Já para a ECOM, a MET ocorreu quando o erval tinha maior idade (16,1 e 17,0 anos), com P.M entre 32,9 a 39,2 t ha⁻¹ a cada colheita (Figura 1 B e Tabela 2), sendo que somente a procedência BI/MI atingiu a P.M no espaço experimental avaliado (3 a 17 anos). Na massa total, a P.M (entre 45,5 a 55,5 t ha⁻¹) ocorreu entre idade de 14,5 a 15,5 anos (Figura 1 C e Tabela 3).

Na P.M dos componentes avaliados a procedência SM/MI se destacou das demais, com 18,2, 39,2 e 55,5 t ha⁻¹, respectivamente, GG, ECOM e Total. Por outro lado, a procedência SM/SE, produziu a menor P.M de GG (15,4 t ha⁻¹), ECOM (32,5 t ha⁻¹) e Total (45,5 t ha⁻¹) (Figura 1 e Tabela 3).

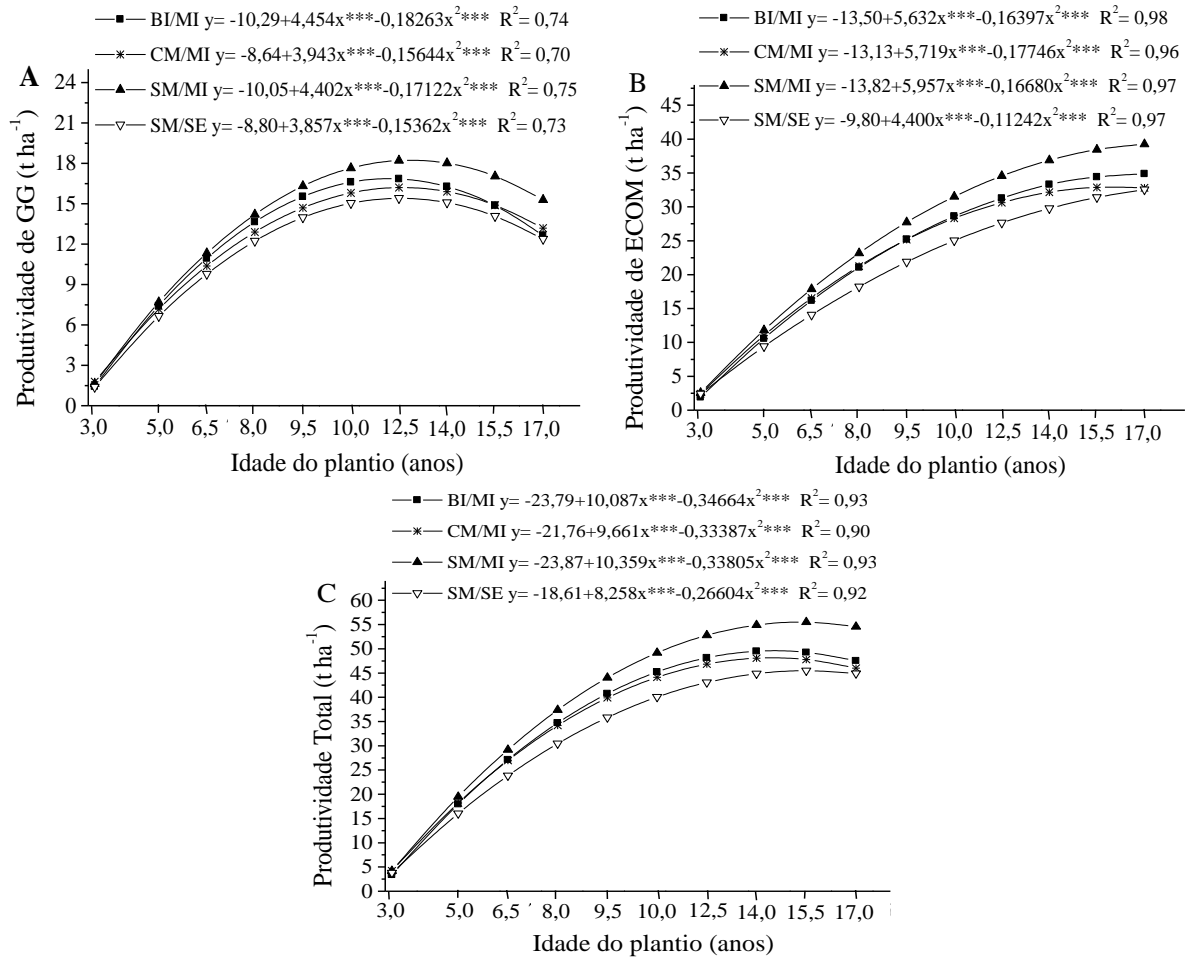


Figura 1. Produtividade de galho grosso (GG) (A), e erva-mate comercial (ECOM) (B) e total (C) de procedência de Bituruna (BI), Cruz Machado (CM) e São Mateus do Sul (SM) propagadas por miniestaquia (MI) e de São Mateus do Sul (SM) propagada por semente (SE) ao longo de 10 colheitas. ***, significativo a 0,1 % pelo teste F.

No que tange a produtividade de ECOM, no Brasil, a média de 2021 foi de 8,1 t ha⁻¹ (IBGE, 2023). Ao comparar a P.M obtida no estudo, onde variou de 32,5 a 39,2 t ha⁻¹ (Figura 1 B e Tabela 3), foi entre 4,0 a 4,8 vezes superior à média brasileira obtida em 2021 (IBGE, 2023). Esse resultado, mostra um abismo entre a produtividade de erva-mate atual no Brasil com o que poderia ser produzido.

A maioria dos trabalhos que avaliam produtividade de componentes da colheita da erva-mate são pontuais e de curto prazo, onde é avaliado uma colheita (Santin et. al, 2019), alguns com duas (Santin et. al, 2016) e raramente com várias colheitas (Pandolfo et. al., 2003). Numa simulação hipotética, Santin et. al. (2015) sugeriu que na cultura da erva-mate haveriam várias fases de crescimento, sendo que entre os 12 a 18 anos o plantio teria a produtividade mais expressiva e, no final desta fase, iniciaria a estabilidade da mesma. Para a produtividade de ECOM (Figura 1 B), somente a procedência CM/MI estabilizou a produtividade aos 16,1 anos, enquanto as demais procedências chegaram aos 17 anos sem atingir a máxima produtividade. Resultado esse que corrobora com a hipótese de Santin et. al. (2015), mas que além do fator procedência e técnica de propagação, o espaçamento do plantio, a nutrição e o manejo de poda e colheita do erval podem influenciar diretamente na idade da estabilidade da produtividade máxima de erva-mate.

Tabela 3. Idade de máxima eficiência técnica (MET) que ocorreu a produtividade máxima (P.M) de galho grosso (GG), e erva-mate comercial (ECOM) e total de procedência de Bituruna (BI), Cruz Machado (CM) e São Mateus do Sul (SM) propagadas por ministaquia (MI) e de São Mateus do Sul (SM) propagada por semente (SE) ao longo de 10 colheitas.

Procedência	GG		ECOM		Total	
	MET Idade	P.M t ha ⁻¹	MET Idade	P.M t ha ⁻¹	MET Idade	P.M t ha ⁻¹
BI/MI	12,2	16,9	17,0	34,9	14,5	49,6
CM/MI	12,6	16,2	16,1	32,9	14,5	48,1
SM/MI	12,9	18,2	17,0	39,2	15,3	55,5
SM/SE	12,6	15,4	17,0	32,5	15,5	45,5

A maior produtividade de todos os componentes avaliados obtida na procedência SM/MI e a menor na SM/SE sugere que o fator local e propagação das mudas influenciam diretamente na produção da cultura da erva-mate. A adaptação a diferentes solos, dentre outros fatores, pode dificultar a expressão do potencial produtivo de essências florestais nativas (Furtini Neto et al., 1999), isso pode explicar, em parte, a maior produtividade da SM/MI com as demais procedências propagadas por ministaquia.

A P.M da procedência SM/MI de GG, ECOM e Total 18,4, 20,7 e 22,0 %, respectivamente, superior à da SM/SE indica que a forma de propagação vegetativa é um fator positivo para aumento de produtividade da erva-mate. Mudanças originadas por propagação vegetativa podem apresentar um sistema radicular mais frágil, mais superficial e com ausência de raiz pivotante (Wendling, 2004). No entanto, para a erva-mate, a propagação vegetativa pode favorecer maior crescimento de raízes superficiais, auxiliando na maior absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, maior produtividade de massa.

Conclusões

A estabilização da produtividade máxima da erva-mate depende da procedência, da técnica de propagação das mudas e do componente avaliado, sendo a de galho grosso e de massa total entre 12,2 a 15,5 anos após o plantio do erval. Mas para estabilizar a máxima produtividade de erva-mate comercial, o plantio precisa de maior idade.

A propagação vegetativa é uma técnica recomendada para a cultura da erva-mate, pois pode impulsionar positivamente a produtividade do plantio em relação a propagação seminal.

Agradecimento

Ao proprietário da área, Olando Buaski, pela manutenção do experimento nesses 17 anos.

Referências Bibliográficas

- CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. de (Org.). A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233 p.
- FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. Cerne, Lavras, v. 5, n. 2, p. 01-12, 1999.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina. IAPAR, 1994. 49p.

- IBGE. Produção Agrícola Municipal 2021. IBGE, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>>. Acesso em: 21 de julho de 2023.
- PANDOLFO, M. C.; FLOSS, P. A.; Da CROCE, D. M.; DITTRICH, R. C. Resposta da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) à adubação mineral e orgânica em um Latossolo Vermelho alumino férrico. *Ciência Florestal*, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2003.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F.; ALMEIDA, I. C.; WENDLING, I. Intervalos de colheita e adubação potássica influenciam a produtividade da erva-mate. *Floresta*, v. 46, p. 509-518, 2016.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F.; ALMEIDA, I. C.; SIMIQUELI, G. F.; NEVES, J. C. L.; WENDLING, I.; REISSMANN, C. B. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. *Ciência Florestal*, v. 30, n. 09, p. 1199-1214, 2019.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; REISSMANN, C. B. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p. 99-195.
- WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Propagação de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p. 11-98.
- WENDLING, I. DUTRA, L.F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 2, p. 289-292, 2007.
- WENDLING, I. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 46 p. (Documentos, 91).

Adubação orgânica e cultivar na curva de produtividade de erva-mate para quatro colheitas

Benedetti, Eliziane Luiza¹; Thiem, Bárbara²; Skraba Junior, Bruno²; Lucachinski, Francine²; Dantas, Henrique Martins²; Romanhuck, José Carlos²; Duwe, Robert²; Santin, Delmar³; Wendling, Ivar⁴

¹Professora. Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC, Canoinhas. Av. Expedicionários, 2150, Canoinhas-SC, Brasil, eliziane.benedetti@ifsc.edu.br

²Graduandos do curso de Bacharelado em Agronomia. Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC, Canoinhas. Av. Expedicionários, 2150, Canoinhas-SC, Brasil, barbara.t08@aluno.ifsc.edu.br, bruno.sj09@aluno.ifsc.edu.br, francine.l1@aluno.ifsc.edu.br, henrique.md@aluno.ifsc.edu.br, jose.cr12@aluno.ifsc.edu.br, robert.d1@aluno.ifsc.edu.br

³Consultor/Produtor – Autônomo. Rua Pedro dos Santos Corrêa, Canoinhas – SC, Brasil, desantinflorestal@yahoo.com.br

⁴Pesquisador. Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, Km 111, Colombo-PR, Brasil, ivar.wendling@embrapa.br

Resumo: Tradicionalmente os plantios de erva-mate no Brasil são efetuados por mudas propagadas por semente, proporcionando heterogeneidade nos ervais. A nutrição, apesar de ser uma tecnologia importante para a manutenção ou melhoria da produtividade é pouco utilizada. Quando a nutrição é realizada, normalmente é feita com fontes minerais de nutrientes. Para culturas perenes, como a erva-mate, a adubação orgânica que apresenta liberação lenta de nutrientes pode ser uma boa opção, porém pouco se conhece ao seu respeito. O objetivo do estudo foi avaliar ao longo de quatro colheitas, doses de composto orgânico e cultivares na produtividade da erva-mate. O experimento foi instalado em setembro de 2016, em Canoinhas, SC, no espaçamento 1,60 x 2,75 m. Os tratamentos foram arrançados no fatorial 3 x 2 em esquema de parcela subdividida, com três doses de adubo orgânico (Dose 1= zero, Dose 2= dose recomendada e Dose 3= dose 75 % acima da recomendada) e duas cultivares de erva-mate (BRS 408 e BRS 409), sendo a parcela constituída pela dose do adubo orgânico e a subparcela pela cultivar. Cada unidade experimental foi composta por cinco plantas úteis, com duas linhas de bordadura. Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. A primeira colheita foi efetuada no intervalo de 2,0 anos e, as demais, com 1,5 anos. Avaliou-se a massa de folha (FO), galho fino (GF) e erva-mate comercial (ECOM= FO+GF). Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas significativamente pela idade do erval e dose de cama de frango. Somente a produtividade de GF foi influenciada pela interação entre idade do erval, dose de cama de frango e cultivar. A produtividade de FO e ECOM foi afetada pela interação entre idade do erval e dose de cama de frango. A produtividade de todos os componentes avaliados aumentou de forma exponencial em função da idade do plantio. A maior produtividade, de todos os componentes avaliados, ocorreu na Dose 3 e, a menor, na Dose 1. A produtividade de folha, galho fino e erva-mate comercial apresenta comportamento exponencial nas primeiras quatro colheitas pós plantio. Conclui-se que a cultivar BRS 409 se destaca na produtividade de galho fino, mas isso não afeta a massa de ECOM, pois, as duas cultivares são semelhantes. A adubação orgânica é uma boa fonte de nutriente para a cultura da erva-mate. Para atender a demanda nutricional de nitrogênio, fósforo e potássio da fase inicial, quando se usa fontes orgânicas, a dose desses nutrientes deve ser maior que a indicada para fontes minerais.

Palavras-chave: Propagação vegetativa. Clonagem. *Ilex paraguariensis*. Nutrição.

Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) ocorre naturalmente à sombra, no estrato inferior das matas (Castella e Britez, 2004), com predomínio de solos com baixa fertilidade (Carvalho, 2003). Nos primórdios de sua exploração, a ciclagem de nutrientes das árvores que compunham as florestais de sua ocorrência, satisfazia a necessidade nutricional das esparsas plantas de erva-mate colhidas em intervalos de três a quatro anos. Com o tempo, veio a necessidade de plantios, efetuados com densidade de plantas por área maior que o natural, associado a redução de intervalos entre colheitas (Santin et al., 2019). Esse fato intensificou a exportação de nutrientes com a colheita, tendo a necessidade de reposição nutricional para manter ou alcançar boas produtividades (Santin et al., 2015a). No entanto, os experimentos nutricionais a campo que geraram as curvas de resposta da cultura, foram realizados com fontes de nutrientes minerais. Sabendo que para compostos orgânicos, pode haver liberação de nutrientes mais lenta (Silva et al., 2007), em relação as fontes minerais, surge a dúvida - a dose de nutriente recomendada para fontes minerais satisfaz a necessidade da cultura se fornecida com compostos orgânicos?

O sistema de cultivo em ambiente natural (nativo) sempre foi enaltecido, especialmente por parte da indústria. Fato esse que contribui negativamente na decisão, especialmente por parte do produtor, em adotar nova tecnologia. Atualmente, apesar de protocolos de propagação vegetativa já estarem estabelecidos há algum tempo (Wendling e Brondani, 2015), são raríssimos plantios clonais de erva-mate, contribuindo para grande heterogeneidade de ervais. Estudo realizado por Santin et al. (2015b) indicam que plantios estabelecidos com mudas propagadas por miniestaquia, a nível de progênie, produzem mais erva-mate comercial e menos galho grosso. Características importantes na decisão da escolha da tecnologia da muda no momento da implantação de ervais.

O objetivo do estudo foi avaliar ao longo de quatro colheitas, doses de composto orgânico e cultivares na produtividade da erva-mate.

Materiais e Métodos

O estudo foi conduzido na área experimental do IFSC, Câmpus Canoinhas, SC, Brasil, localizado no Planalto Norte Catarinense (26°11'01" S e 50°22'11" W e altitude de 772 m). Foram utilizadas mudas clonais de erva-mate, produzidas por miniestaquia pela Embrapa Florestas, conforme Wendling e Brondani (2015). As características do solo antes da instalação do experimento estão descritas na Tabela 1. Em setembro de 2016 as mudas foram plantadas a campo no espaçamento de 1,60 x 2,75 m. Os tratamentos foram arrançados no fatorial 3 x 2 em esquema de parcela subdividida, com três doses de adubo orgânico (Dose 1= zero, Dose 2= dose recomendada e Dose 3= dose 75 % acima da recomendada) e duas cultivares de erva-mate (BRS 408 e BRS 409), sendo a parcela constituída pela dose do adubo orgânico e a subparcela pela cultivar. Cada unidade experimental foi composta por cinco plantas úteis, com duas linhas de bordadura. Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições.

A dose 2 (dose recomendada para a cultura) de cama de frango foi calculada pela dose média para atender a necessidade de N, P e K (Santin et al, 2015a). Para elevar a disponibilidade de Ca e Mg no solo aplicou-se o equivalente a 6,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Após a aplicação de calcário efetuou-se uma subsolagem e gradagem com grade aradora (0-30 cm de profundidade).

Para o plantio, foram abertas covas de aproximadamente 0,30 x 0,30 x 0,30 m onde foi inserida a muda. Foi incorporado ao solo da cova no momento do plantio 0, 373 e 652 g cova⁻¹ de cama

de frango (com oito lotes de criação), respectivamente, dose 1, dose 2 e dose 3. A dose e a época de aplicação da adubação pós plantio estão especificadas na Tabela 2.

Tabela 1. Propriedades do solo do local do experimento antes do plantio.

P	K	Ca	Mg	CTC _{pH7,0}	MO	Argila
--- mg dm ⁻³ ---	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- % -----				
3,2	74,3	1,6	0,7	15,2	2,6	41

A adubação pós plantio foi realizada em círculo na projeção da copa da planta distante 20 cm do tronco, de forma superficial sem incorporar.

Tabela 2. Época e dose de cama de frango para cada tratamento aplicado pós plantio e época de cada colheita.

Época Mês/ano	Dose aplicada para cada tratamento (kg planta ⁻¹)			Colheita Época
	Dose 1	Dose 2	Dose 3	
Após o plantio até a primeira colheita				
Fev/2017	0	0,38	0,66	1 ^a colheita Ago/2018
Set/2017	0	0,38	0,66	
Fev/2018	0	0,38	0,66	
Após a primeira até a segunda colheita				
Set/2018	0	0,59	1,03	2 ^a colheita Fev/2020
Fev/2019	0	0,59	1,03	
Set/2019	0	0,59	1,03	
Após a segunda até a terceira colheita				
Fev/2020	0	0,73	1,28	3 ^a colheita Ago/2021
Set/2020	0	0,73	1,28	
Fev/2021	0	0,73	1,28	
Após a terceira até a quarta colheita ^{/1}				
Set/2021	0	0,38	0,66	4 ^a colheita Fev/2023
Fev/2022	0	0,38	0,66	
Set/2022	0	0,38	0,66	

^{/1}A análise de solo realizado durante a terceira colheita indicou elevação no nível de MO, P e K do solo, reduzindo automaticamente a dose de adubo.

Somente a primeira colheita foi efetuada com intervalo de 24 meses, as demais, com intervalo de 18 meses. A colheita foi efetuada retirando-se aproximadamente 95 % da massa verde, sendo separada a erva-mate comercial (ECOM= folha+galho fino) do galho grosso e determinada a quantidade de massa verde de ambos. Na colheita retirou-se uma amostra representativa por parcela de ECOM, onde foi separada em folha (FO) e galho fino (GF) e determinado o peso de ambas. Com a proporção de GF e FO e da massa de ECOM se obteve a massa de cada um dos componentes avaliados.

Os dados foram submetidos à Anova e, as variáveis estatisticamente significativas para épocas (colheitas) submetidas a regressão e, as variáveis estatisticamente significativas somente para cultivar ou dose de adubo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Resultados e Discussão

Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas significativamente pela idade do erval e dose de cama de frango (Figura 1). Somente a produtividade de galho fino foi influenciada pela interação entre idade do erval, dose de cama de frango e cultivar (Figura 1A e B). A produtividade de folha (Figura 1C) e ECOM (Figura 1D) foi afetada pela interação entre idade

do erval e dose de cama de frango. A produtividade de todos os componentes avaliados, quando significativo em função de idade do plantio, teve comportamento exponencial.

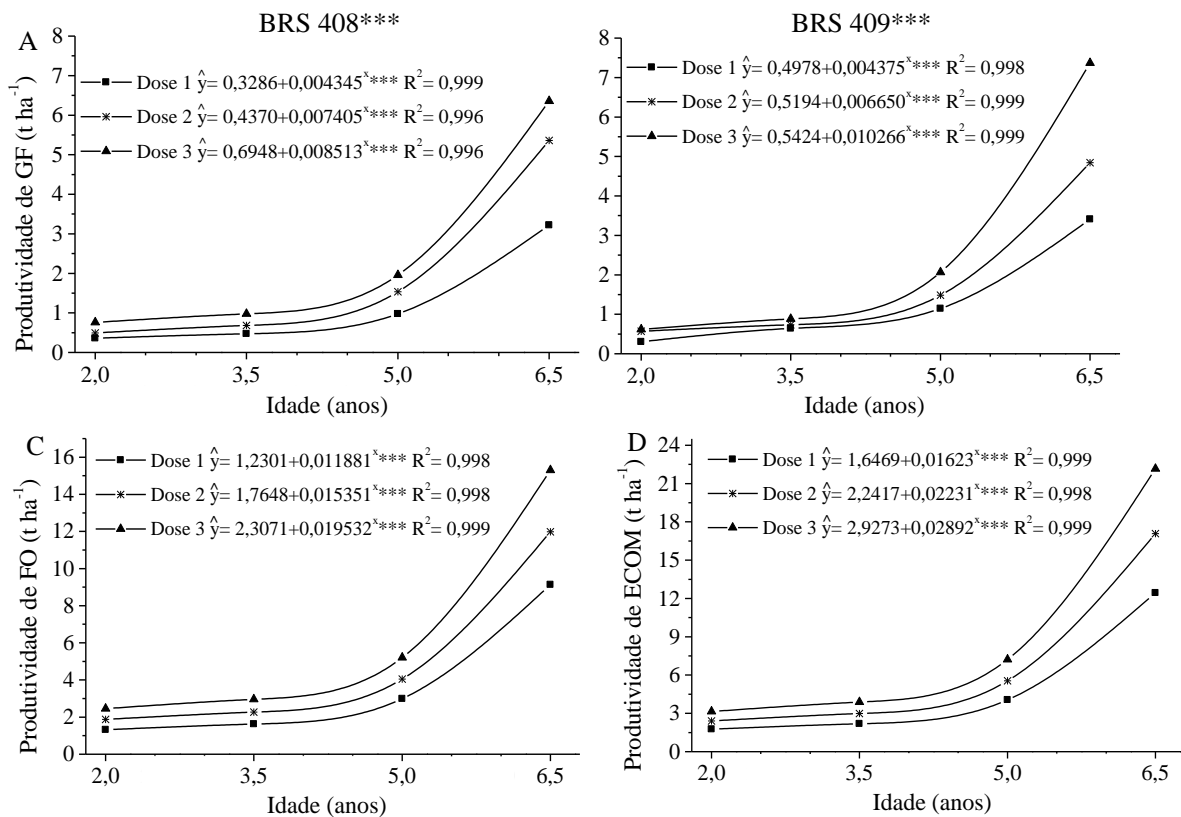


Figura 1. Produtividade de galho fino (GF) (A e B), folha (FO) (C) e erva-mate comercial (ECOM) (D) de cultivares (BRS 408 e BRS 409) de erva-mate submetidas a adubação orgânica ao longo de 6,5 anos de idade. ***, significativo a 0,1 % pelo teste F.

Somente na produtividade de GF ocorreu diferença entre cultivares (Figura 1 A e B), sendo (na idade de 6,5 anos) na Dose 1, 2 e 3, respectivamente, 3,2, 5,4 e 6,4 t ha⁻¹ para BRS 408 e 3,4, 4,8 e 7,4 t ha⁻¹ para BRS 409.

A produtividade máxima de FO, após quatro colheitas foi de 9,1, 12,0 e 15,3 t ha⁻¹, respectivamente, Dose 1, 2 e 3 (Figura 1 C). Também na máxima idade avaliada, a produtividade de ECOM foi de 12,4, 17,1 e 22,2 t ha⁻¹ (Figura 1 D).

Na maior idade, a produtividade de GF da BRS 48 foi superior (5,4 t ha⁻¹) a BRS 409 (4,8 t ha⁻¹), somente na Dose 2. Na Dose 1 e 3, a BRS 409 (Figura 1 B) foi, respectivamente, 5,6 % e 13,8 % superior à da BRS 408 (Figura 1 A). Santin et al. (2015b) ao comparar a produtividade em duas colheitas iniciais, de FO, GF e ECOM em plantio com mudas propagadas vegetativamente a nível de progênie, também constatou diferença entre procedência. Mas neste trabalho, somente no GF as cultivares apresentaram diferença significativa.

Em termos de produtividade de ECOM, a média brasileira em 2021 foi de 8,1 t ha⁻¹ (IBGE, 2023). A produtividade de ECOM, na idade de 6,5 anos variou de 12,4 t ha⁻¹ (Dose 1) a 22,2 t ha⁻¹ (Dose 3) sendo, respectivamente, 53,1 e 174,1 % superior a média brasileira de 2021. É importante ressaltar que a Dose 1 não recebeu adubação ao longo do experimento, sendo neste caso, a boa produtividade relacionada ao material genético superior adotado no cultivo. As cultivares BRS 408 e BRS 409, são as primeiras cultivares de erva-mate registradas no Brasil, sendo sua seleção baseada na alta produtividade das mesmas (Wendling et al, 2017).

Quanto a resposta da erva-mate a adubação, a menor produtividade dos componentes avaliados durante as quatro colheitas, ocorreu na Dose 1 (sem adubação). Aos 6,5 anos a produtividade de ECOM na Dose 2 e 3, foi 37,3 e 78,1 %, respectivamente, superior à da Dose 1. Embora esta cultura em sua condição natural, ocorre predominantemente em solos de baixa fertilidade (Carvalho, 2003), os resultados indicam a necessidade de realizar adubação para obter boa produtividade.

O fato da produtividade de ECOM, na quarta colheita, na Dose 3 ter sido 29,7 % superior a Dose 2 (dose recomendada para a cultura), sugere que quando a nutrição do erval é realizada com fontes orgânicas, a quantidade de nutriente a ser aplicada deve ser maior do que as de fontes minerais. Isso porque não se observou nenhum sintoma visual de toxidez de nutrientes nas plantas. A resposta linear de massa verde de erva-mate, com dose anual de até 4,5 kg planta⁻¹ de cama de frango, verificado por Pandolfo et al. (2003), também indica a necessidade de doses expressivas de composto orgânico para essa cultura. O fato de compostos orgânicos se decomporem lentamente, proporciona efeito residual nos anos subsequentes à adubação (Silva et al., 2007), conseqüentemente, parte dos nutrientes presentes no adubo orgânico aplicado, provavelmente não tenha sido liberado para a planta durante o período entre as colheitas avaliadas nesse estudo. Mas essa hipótese deve ser elucidada a partir de estudos com várias doses de composto orgânico que gere curva de resposta para a cultura com longo período de avaliação.

Conclusões

A produtividade de folha, galho fino e erva-mate comercial apresenta comportamento exponencial nas primeiras quatro colheitas pós plantio.

A cultivar BRS 409 se destaca na produtividade de galho fino, no entanto, isso não afeta a massa da erva-mate comercial, pois, as duas cultivares são semelhantes.

A adubação orgânica é uma boa fonte de nutriente para a cultura da erva-mate. Para atender a demanda nutricional de nitrogênio, fósforo e potássio na fase inicial, quando se usa fontes orgânicas, a dose deve ser maior que a recomendada para fontes minerais.

Agradecimento

Agradecimento ao IFSC - Campus Canoinhas pelos recursos disponibilizados através dos Editais 02/2016 - Universal e 16/2020 - Didático Pedagógico para instalação e manutenção do experimento.

Referências Bibliográficas

- IBGE. Produção Agrícola Municipal 2021. IBGE, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>>. Acesso em: 21 de julho de 2023.
- CARVALHO, P. H. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. de (Org.). A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233 p.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F.; ALMEIDA, I. C.; SIMIQUÉLI, G. F.; NEVES, J. C. L.; WENDLING, I.; REISSMANN, C. B. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. Ciência Florestal, v. 30, n. 09, p. 1199-1214, 2019.

- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; REISSMANN, C. B. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015a, p. 99-195.
- SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; MORANDI, D.; DOMINGOS, D. M. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. *Ciência Florestal*, v. 25, p. 571-579, 2015b.
- SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVEIRA, L. M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *crotalaria juncea*. I. produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31 p.39-49, 2007.
- WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Propagação de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p. 11-98.
- WENDLING, I.; STURION, J. A.; SANTIN, D. BRS 408 e BRS 409: cultivares clonais de erva-mate para produção de massa foliar. Colombo: Embrapa Florestas, 2017, 5 p. (Comunicado Técnico, 410).

2. Cultivo y Extensión

CEVAD Estufa: Novo sistema de cultivo com foco na produção de compostos bioativos de erva-mate

Aguiar, Natália Saudade de¹; Tomasi, Jéssica de Cássia¹; Vieira, Leandro Marcolino²; Duarte, Manoela Mendes²; Gabira, Mônica Moreno³; Benedito, Débora Caroline Defensor¹; Wendling, Ivar⁴

¹Doutoranda. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, talia.saguiar@yahoo.com.br, jehtomasi@gmail.com, debora_defensor@outlook.com

²Doutor (a), bolsista CNPq. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, manu.florestal@gmail.com, leandromarcolinovieira@gmail.com

³Doutora, bolsista de pós-doutorado na Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, Brasil, monica.gabira@gmail.com

⁴Pesquisador. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, ivar.wendling@embrapa.br

Resumo: A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil) pode ser cultivada em diferentes sistemas de produção em campo, como adensamento em floresta nativa, sistemas agroflorestais ou monocultivo. A densidade de plantas depende do sistema adotado, com no máximo 2.222 plantas ha⁻¹. No CEVAD estufa (cultivo de erva-mate em alta densidade em estufa) instala-se o cultivo em sistema semi-hidropônico, ou seja, em canaletas preenchidas com areia, com espaçamento de 15 x 15 cm, totalizando 44,4 plantas m⁻² ou 311.080 plantas ha⁻¹, no interior de estufa plástica. Esse sistema foi instalado com mudas clonais, colheitas com intervalo mínimo de 60 dias e com objetivo principal de produção de compostos bioativos de erva-mate. A análise dos compostos bioativos (metilxantinas e ácidos cafeoilquínicos) presentes nos extratos aquosos foi realizada em Cromatógrafo Líquido Ultrarrápido (UFLC). Como resultados para alguns dos clones estudados, a produtividade de biomassa fresca total (folhas e ramos finos) nesse sistema alcançou até 96,16 t ha⁻¹ ano⁻¹ no clone EC21. O clone EC22 obteve produtividade de biomassa total de 33,93 t ha⁻¹ ano⁻¹ e EC40 de 41,35 t ha⁻¹ ano⁻¹, sendo a maior proporção composta por folhas jovens. Em termos de produtividade dos compostos de interesse, com o clone EC21 seriam obtidos até 217 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de cafeína, 71 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de teobromina e 1924 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de ácidos cafeoilquínicos. Esses resultados demonstram o potencial do sistema para a produção erva-mate, fornecendo matéria-prima diferenciada composta majoritariamente por brotos e folhas jovens. Assim, há potencial para o desenvolvimento de novos produtos, como chás especiais, energéticos, e destinação das folhas para a extração industrial dos compostos com finalidade farmacológica, por exemplo. O sistema apresenta como vantagens a alta produtividade em pequena área, produção a partir do primeiro ano e em curtos intervalos de colheitas e o potencial para abertura de novos mercados para a utilização da espécie. Entretanto, deve-se atentar à alguns aspectos, como necessidade de mão-de-obra qualificada e o alto custo inicial, visto a necessidade da estrutura de estufa e canaletas, e o grande número de mudas.

Palavras-chave: Sistema semi-hidropônico. Produtividade. Clones. Cafeína. Ácidos cafeoilquínicos.

Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil) é uma espécie com distribuição natural em parte dos territórios do Brasil, Argentina e Paraguai (Oliveira e Rotta, 1985). Além do extrativismo em áreas de ocorrência natural da espécie, ocorre o cultivo como adensamento em

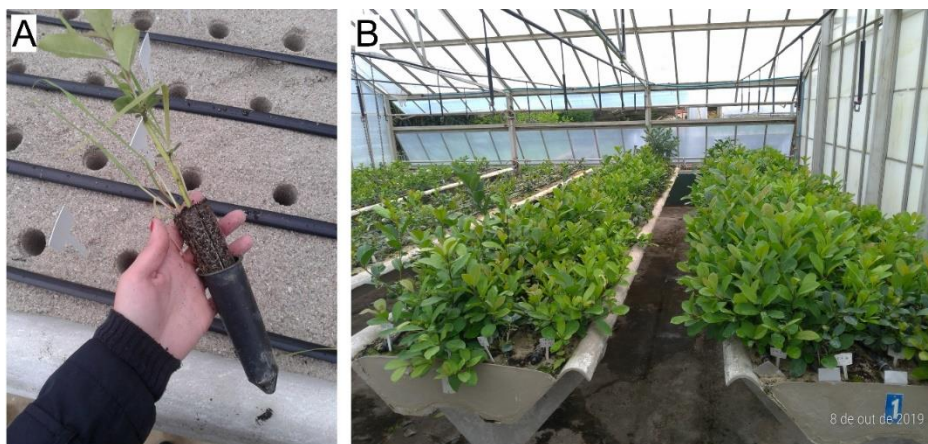
remanescentes de florestas nativas, ervais arborizados e monocultivos (Goulart et al., 2022). Mas, além destes sistemas convencionais, podemos expandir as possibilidades de cultivo da erva-mate. O sistema semi-hidropônico é utilizado convencionalmente para a produção de mudas de espécies florestais pela técnica de miniestaquia (Wendling et al., 2020), mas pode ser planejado e manejado, por exemplo, para a produção de massa foliar de erva-mate (Aguiar et al., 2022; Tomasi, 2020), sendo denominado CEVAD estufa - Cultivo de Erva-mate em Alta Densidade em estufa (Aguiar et al., 2023). Desta forma, o cultivo é realizado com uma alta densidade de plantas e em ambiente parcialmente controlado, não sofrendo grandes oscilações de temperatura e com variações edáficas, por exemplo.

A erva-mate possui mais de 200 compostos em suas folhas (Melo et al., 2020), sendo que se destacam as metilxantinas (cafeína e teobromina) e os compostos fenólicos, entre eles, os ácidos cafeoilquínicos (Cardozo Junior e Morand, 2016). Estes compostos possuem elevada capacidade antioxidante (Mateos et al., 2018; Vieira et al., 2020), além de importantes ações anti-inflamatória, antimicrobiana, estimulante do sistema nervoso e de redução do risco de doenças cardiovasculares e diabetes (Gerber et al., 2022). De acordo com os mesmos autores, a espécie apresenta grande potencial para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos, nutraceuticos, cosméticos e alimentares, com possibilidades reais de expansão no mercado internacional voltado à saúde humana. Mas, para isso, é necessário o fornecimento de matéria-prima em grande quantidade, com características químicas específicas e padronizadas para cada finalidade.

Por conta das colheitas em curtos intervalos de tempo, espera-se grande produção de folhas, e especialmente, folhas jovens. Dessa forma, formulamos a hipótese de que o CEVAD estufa sistema possibilita alta produtividade de biomassa e de compostos bioativos. Assim, o objetivo do estudo é apresentar os principais resultados obtidos neste novo sistema de cultivo de erva-mate.

Material e métodos

Esse sistema foi instalado no interior de estufa plástica, em sistema semi-hidropônico, em canaletas preenchidas com pedra brita no fundo para facilitar a drenagem, sobreposto com areia de granulometria média como substrato (Figura 1A). O plantio foi realizado com mudas clonais provenientes de miniestaquia, com espaçamento de 15 cm x 15 cm, totalizando densidade de 44,4 plantas m⁻².



Fonte: Jéssica de Cássia Tomasi

Fonte: Leandro Marcolino Vieira

Figura 1. Plantio de muda clonal no sistema (A) e CEVAD estufa em fase produtiva (B). Referência: Aguiar et al., 2023.

A fertirrigação foi realizada por gotejamento, três vezes por dia, totalizando uma lâmina de 3,6 mm dia⁻¹ no outono e inverno e 5 mm dia⁻¹ na primavera e verão. A solução nutritiva foi preparada com as seguintes concentrações (mg L⁻¹) de fertilizantes: NO₃⁻ (156), NH₄⁺ (50), P (25), K⁺ (200), Ca⁺² (200), Mg⁺² (45), S (76,9), B (1,5), Cu⁺² (0,1), Fe⁺² (5), Mn⁺² (1), Zn⁺² (0,7), Mo⁻² (0,07). O pH da solução foi ajustado em 5,5 (Tomasi, 2020). Em dias com temperatura acima de 30 °C no interior da estufa, as plantas receberam irrigação por aspersão na parte aérea a cada 60 minutos e as cortinas laterais da estufa eram mantidas abertas.

Após o estabelecimento das mudas no sistema, as colheitas foram realizadas em intervalos mínimos de 60 dias. Em cada colheita, foram mantidas de 20% a 30% das folhas em cada planta, para manutenção das atividades fisiológicas. As folhas colhidas foram classificadas em jovens e maduras: as folhas com textura membranácea, coloração verde clara ou avermelhada e na região superior dos ramos foram classificadas como jovens; enquanto aquelas mais espessas, de coloração escura e na região inferior dos ramos foram classificadas como maduras.

Para as análises químicas, as folhas foram secas em micro-ondas por cinco minutos (Tomasi et al., 2021) e trituradas até a obtenção de pó fino com granulometria inferior a 1 mm. Foram preparados extratos aquosos na concentração de 0,5 mg de amostra/mL de água ultrapura e filtrados com filtro de seringa de 0,22 µm. Os teores de metilxantinas (cafeína e teobromina) e ácidos cafeoilquínicos (ácidos 3, 4 e 5 cafeoilquínicos) foram determinados em Cromatógrafo Líquido Ultrarrápido (UFLC) Shimadzu[®] equipado com injetor automático e detector de UV. Os eluentes foram A: H₂O:ácido acético - 99,9:0,1 v/v; e B: acetonitrila - 100%. O comprimento de onda utilizado para detecção dos compostos foi 280 nm (fixo).

A produtividade anual de biomassa fresca total foi calculada pelo somatório de todas as colheitas. A produtividade dos compostos bioativos foi obtida pela multiplicação da biomassa seca produzida e pelos teores dos compostos obtidos nas amostras de cada clone. A extrapolação dos resultados para hectare foi realizada considerando 70% de área produtiva no interior da estufa (descontando 30% do espaço de corredores e laterais da estufa). São apresentados resultados de dois estudos de produtividade de biomassa e compostos bioativos: 1) biomassa total, de folhas jovens e maduras dos clones EC22 e EC40; 2) somente biomassa total dos clones EC21, EC24 e EC26.

Resultados e discussão

Em termos de produtividade de folhas, dentre os materiais genéticos avaliados, o clone EC22 produziu proporção similar de folhas jovens e maduras (Tabela 1); entretanto, para EC40 houve maior proporção de folhas jovens (64,7%). É possível observarmos também a pequena proporção de galhos neste sistema, correspondendo a aproximadamente 25% da biomassa total colhida. Também ressaltamos que devido às colheitas frequentes, não há a formação de galhos grossos (> 7 mm). Isso reflete em maior ganho de produção no sistema, já que as folhas são a matéria-prima com maior valor agregado da espécie.

Em termos de produtividade de compostos, as folhas jovens também se destacam, especialmente no clone EC40. Para os ácidos cafeoilquínicos totais, a produtividade total foi de 716 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo que as folhas jovens corresponderam a 65,9% desta produção. Essas folhas possuem maiores teores de compostos bioativos (Tomasi, 2020), demonstrando o potencial de utilização das folhas jovens para novos mercados e para a extração industrial. Inclusive, recomenda-se colheitas mais frequentes, com intervalo de aproximadamente 30 dias, dependendo do vigor das plantas e época do ano, para obtenção de maior proporção de folhas jovens.

Tabela 1. Produção anual de biomassa fresca e de cafeína (CAF), teobromina (TEO) e ácidos cafeoilquínicos totais (CQAs) em base seca dos clones de erva-mate EC22 e EC40; média de três anos de cultivo no sistema CEVAD estufa.

EC22				
Matéria-prima	Biomassa fresca t ha ⁻¹ ano ⁻¹	CAF	TEO kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	CQAs
Folhas jovens	12,67	29,44	34,72	315,49
Folhas maduras	12,76	16,15	39,14	296,01
Folhas total	25,43	45,59	73,86	611,50
Biomassa total	33,93	-	-	-
EC40				
Folhas jovens	19,95	75,60	24,59	472,16
Folhas maduras	10,90	47,96	16,02	243,97
Folhas total	30,85	123,56	40,60	716,12
Biomassa total	41,35	-	-	-

Na Tabela 2 encontram-se os resultados de três clones; nesse caso, foram analisados quimicamente folhas e ramos finos em conjunto. Dessa forma, a produtividade dos compostos bioativos refere-se a toda biomassa colhida.

Tabela 2. Produtividade anual de biomassa total fresca e de cafeína (CAF), teobromina (TEO) e ácidos cafeoilquínicos totais (CQAs) em base seca, em folhas e ramos de cinco clones de erva-mate.

Genótipo	Biomassa total fresca	CAF	TEO	CQAs
	t ha ⁻¹ ano ⁻¹			
EC21	96,16	217,28	71,61	1924,11
EC24	67,07	160,51	96,51	1040,75
EC26	31,67	80,85	18,08	620,46

Entre os clones, destacamos a alta produtividade do EC21, atingindo 96,16 t ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa total; esse resultado é mais de 17 vezes superior à produtividade média dos ervais brasileiros, de 8,13 t ha⁻¹, geralmente com colheitas a cada 18 meses (IBGE, 2021). Também destacamos a alta produtividade de ácidos cafeoilquínicos, alcançando 1.924,11 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o clone EC21. Esses resultados demonstram o potencial da erva-mate como fonte desses compostos com reconhecidas funções benéficas no organismo humano, se destacando a alta capacidade antioxidante (Cardozo Junior e Morand, 2016). Assim, há grande potencial do sistema para produção de matéria-prima destinada à extração industrial destes compostos para fins medicinais, por exemplo, na forma de cápsulas.

Conclusões

O novo sistema de cultivo de erva-mate, CEVAD estufa, possibilita alta produtividade de biomassa, especialmente de folhas, e de compostos bioativos da espécie. Esse sistema é destinado, principalmente, para produtos com características químicas específicas e para a extração industrial de compostos de interesse, como cafeína, teobromina e ácidos cafeoilquínicos.

Agradecimentos

Agradecemos à Embrapa Florestas e a Universidade Federal do Paraná pelo apoio logístico e infraestrutura laboratorial para a realização dos experimentos. À CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudos.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, N.S. de; GABIRA, M.M.; TOMASI, J. de C.; DUARTE, M.M.; VIEIRA, L.M.; LAVORANTI, O.J.; WENDLING, I. Productivity of clonal *Ilex paraguariensis* genotypes in a semi-hydroponic system is reduced by shading. *Forest Science*, v. 68, n. 5-6, p. 540-547, 2022. <https://doi.org/10.1093/forsci/xfac028>.
- AGUIAR, N.S. de; TOMASI, J. de C.; VIEIRA, L.M.; DUARTE, M.M.; GABIRA, M.M.; WENDLING, I. CEVAD Estufa: cultivo de erva-mate em alta densidade em estufa - Comunicado Técnico 485. Embrapa Florestas: Colombo, PR, 2023.
- CARDOZO JUNIOR, E. L.; MORAND, C. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health - A review. *Journal of Functional Foods*, v. 21, p. 440-454, 2016.
- GERBER, T.; NUNES, A.; MOREIRA, B.R.; MARASCHIN, M. Yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) for new therapeutic and nutraceutical interventions: a review of patents issued in the last 20 years (2000-2020). *Phytotherapy Research*, v. 37, n. 2, p. 527-548, 2023. <https://doi.org/10.1002/ptr.7632>.
- GOULART, I.C.R.; SANTIN, D.; BRASILEIRO, B.P. Fatores que afetam a produtividade IBGE. Produção Agrícola Municipal – PAM. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- MATEOS, R. BAEZA, G.; SARRIÁ, B.; BRAVO, L. Improved LC-MSn characterization of hydroxycinnamic acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of polyphenols, methylxanthines, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, v. 241, p. 232-241, 2018.
- MELO, T.O. de; MARQUES, F.A.; WENDLING, I.; KOPKA, J.; ERBAN, A.; HANSEL, F.A. Compostos presentes em extrato metanólico de tecido foliar de erva-mate, por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas - Comunicado Técnico 458. Embrapa, 2020.
- na cultura da erva-mate. *Ciência Florestal*, Comunicado Técnico 485, v. 32, n. 3, p. 1345-1367, 2022. <https://doi.org/10.5902/1980509863661>.
- OLIVEIRA, Y.M.M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). 1985, Curitiba: Embrapa - CNPF, 1983. p. 17-36.
- TOMASI, J. de C. Bioactive compounds of yerba mate according to genotype, nitrogen fertigation and drying methods and acceptance of mate tea by consumers. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Agronomia), Universidade Federal do Paraná. 2020, 142 p.
- TOMASI, J. DE C.; LIMA, G.G. de; WENDLING, I.; HELM, C.V.; HANSEL, F.A.; GODOY, R.C.B. de; GRUNENVALDT, R.L.; MELO, T.O. de; TOMAZZOLI, M.M.; DESCHAMPS, C. Effects of different drying methods on the chemical, nutritional and colour of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) leaves. *International Journal of Food Engineering*, v. 17, n. 7, 2021, p. 551-560. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0312>
- VIEIRA, A.J.S.C.; GASPAR, E.M.; SANTOS, P.M.P. Mechanisms of potential antioxidant activity of caffeine. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 174. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108968>
- WENDLING, I. et al. Manual de produção de mudas clonais de erva-mate - Documentos 336. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2020.

WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 2, p. 289–292, 2007.

Contenido de zinc en suelos y ramas de yerba mate de diferentes zonas de la provincia de Misiones

Martín, Cecilia Magalí^{1*}; Molina, Sandra Patricia²; Sosa, Domingo Alberto²; Arndt, Guillermo Martín²; Schmalko, Miguel Eduardo¹; Scipioni, Griselda Patricia¹

¹Profesor. IMAM, UNaM, CONICET, FCEQyN, Laboratorio de yerba mate. Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, *cecilia.m.martin4@gmail.com

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul.

Resumen: La composición química de la yerba mate indica que es fuente de vitaminas y minerales. El zinc (Zn) es un elemento esencial para el funcionamiento y la supervivencia de todas las formas de vida, por lo que la importancia de este nutriente para la salud es cada vez más apreciada. Las plantas absorben la mayoría de los minerales del suelo a través de las raíces. La disponibilidad de Zn para las plantas depende los niveles del elemento en el suelo, de las propiedades fisicoquímicas del suelo, de la actividad de las raíces de las plantas, de la microflora en la rizosfera, entre otros factores. El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de Zn en ramas de yerba mate y en muestras de suelos de plantaciones seleccionadas de *Ilex paraguariensis* de diferentes zonas de la provincia de Misiones. Se realizaron dos experiencias: una con diferentes niveles de acidez de los suelos (experiencia 1) y otra con diferentes niveles de fertilización de los suelos (experiencia 2). En la experiencia 1 se evaluaron 3 variables: región geográfica de los yerbales (3 niveles: norte, centro y sur), acidez del suelo (2 niveles: ácido y muy ácido) y fracción de la planta (2 niveles: hojas y palos). En la experiencia 2 se evaluaron 2 variables: región geográfica de los yerbales (3 niveles: norte, centro y sur) y sistema de fertilización (2 niveles: alta y baja). Las determinaciones del contenido de Zn en todas las muestras se realizaron en laboratorio externo por ICP-MS, previa digestión ácida. En la experiencia 1 se encontraron contenidos de Zn entre 103,6 y 112,0 mg/kg en suelos, entre 24 y 75 mg/kg en hojas y entre 41 y 136 mg/kg en palos. En la experiencia 2 se encontraron contenidos de Zn entre 46 y 76 mg/kg en las mezclas de hojas y palos. Para la experiencia 1 se concluye que hay diferencias significativas entre la región norte y las demás regiones y entre las fracciones de la planta, sin embargo, la acidez del suelo no presenta un efecto significativo sobre el contenido de Zn en las plantaciones. Para la experiencia 2 se concluye que existen diferencias significativas entre las regiones, aunque el sistema de fertilización no tiene un efecto significativo sobre el contenido de Zn en las plantaciones.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Plantaciones. Suelos. Zinc.

Introducción

En Argentina, la yerba mate (*Ilex paraguariensis*) se cultiva en la provincia de Misiones y en el nordeste de la provincia de Corrientes. Los suelos rojos profundos, con buen drenaje y fértiles son los más aptos para el cultivo de yerba mate (Burtnik, 2006). Se destacan por su alta acidez, indicando que la especie es tolerante a esta condición (Barbosa *et al.*, 2018).

Los suelos yerbateros son de baja fertilidad en comparación con los suelos de climas templados, por lo que un adecuado manejo del cultivo requiere que los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio sean incluidos en las prácticas de fertilización, considerando las relaciones que guardan entre ellos (Prat Krikum, 2015).

La composición de la yerba mate indica que es fuente de vitaminas y minerales (Brumovsky *et al.*, 2015). El zinc (Zn) es un nutriente esencial para el funcionamiento y la supervivencia de

todas las formas de vida, debido a que desempeña un papel biológico muy importante. Está involucrado en la producción de una amplia gama de enzimas y proteínas en plantas, animales y humanos (Hortúa, 2013; De Groot *et al.*, 2021). Es un nutriente cuya importancia para la salud es cada vez más apreciada, por lo que su concentración en el cuerpo debe ser adecuada y controlada (Huang *et al.*, 2015).

La mayoría de los suelos agrícolas contienen Zn entre 10 y 300 mg/kg, con una media general de 50 a 55 mg/kg (Broadley *et al.*, 2007; Alloway, 2008; Noulas *et al.*, 2018). La disponibilidad de Zn para las plantas depende los niveles del elemento en el suelo, de las propiedades fisicoquímicas del suelo, de la actividad de las raíces de las plantas, de la microflora en la rizosfera, entre otros factores. Es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque en exceso resulta tóxico (Deshpande *et al.*, 2012, Broadley *et al.*, 2007; Gupta *et al.*, 2016). Está involucrado en varias funciones fisiológicas, entre ellas la estructura de la membrana, fotosíntesis, actividad de fitohormonas, metabolismo de lípidos y ácidos nucleicos, expresión y regulación génica, síntesis de proteínas, defensa contra sequía y enfermedades (Noulas *et al.*, 2018).

Las plantas absorben la mayoría de los minerales del suelo a través de sus órganos especializados, las raíces (Gupta *et al.*, 2016). El Zn se acumula en los tejidos de la raíz y se transloca a través del xilema hacia los brotes. En la parte aérea de la planta, el Zn se traslada parcialmente de las hojas viejas a los órganos de la planta en desarrollo (Alloway, 2008; Noulas *et al.*, 2018). En un sistema vegetal la concentración de Zn varía entre órganos, tejidos y compartimentos intracelulares. Estas diferencias en los niveles de acumulación de Zn dependen de la especie vegetal, la etapa de crecimiento, la biomasa, la concentración de Zn en el suelo y la expresión diferencial de proteínas transportadoras de metales.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de Zn en ramas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y en muestras de suelos de plantaciones seleccionadas en diferentes zonas de la provincia de Misiones.

Materiales y Métodos

Se tomaron muestras de ramas y suelos de plantaciones de *Ilex paraguariensis* ubicadas en el norte, centro y sur de la provincia de Misiones. Se realizaron dos experiencias: una con diferentes niveles de acidez de los suelos (experiencia 1) y otra con diferentes niveles de fertilización (experiencia 2).

La selección de los yerbales en cada región geográfica fue realizada previamente considerando una base de datos disponible en INTA. En la experiencia 1 las muestras de la región norte fueron recolectadas en las localidades de Andresito (suelo ácido) y Wanda (suelo muy ácido), las muestras de la región centro fueron recolectadas en la localidad de Jardín América (suelos ácido y muy ácido) y las muestras de la región sur fueron recolectadas en la localidad de Itacaruaré (suelos ácido y muy ácido).

Cada muestra de suelo estaba compuesta por 4 sub-muestras (los suelos de 4 plantas que luego fueron muestreadas). Las muestras de suelo se tomaron desde la mitad de la calle hacia el línea a una profundidad de 20 cm. Para corroborar la acidez de cada muestra se midió el pH, sin réplicas, en solución salina de cloruro de potasio 1 N (pH-KCl), con una relación suelo-solución de 1:2,5. Se utilizó un peachímetro de mesa Oakton modelo WD-35620. Las muestras de suelos se secaron en estufa a 103 °C.

Cada muestra de ramas estaba compuesta por sub-muestras de 4 plantas, tomadas de la copa media en dirección de los cuatro puntos cardinales. Las ramas se secaron en estufa a 60 °C, se separaron las hojas y los palos y cada fracción se trituro por separado en un mortero de cerámica.

En la experiencia 2 la fertilización alta correspondió a yerbales con fertilizaciones superiores a 500 kg/ha/año, mientras que la fertilización baja comprendió yerbales con fertilizaciones inferiores a 300 kg/ha/año.

Las muestras de la región norte fueron recolectadas en las localidades de Andresito (fertilización alta) y Wanda (fertilización baja), las muestras de la región centro fueron recolectadas en la localidad de Santo Pipó (fertilización alta y baja) y finalmente las muestras de la región sur fueron recolectadas en la localidad de Campo Ramón (fertilización alta y baja). Cada muestra se obtuvo y se trató como se describió para muestras de ramas. Luego se prepararon muestras reconstituidas con 80 % de hojas molidas y 20 % de palos molidos.

Las determinaciones del contenido de Zn se realizaron mediante Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS, por su denominación en inglés *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*), previa digestión ácida en digestor de microondas, en el Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI AC), ubicado en la localidad Villa Regina, provincia de Río Negro, Argentina.

Para las muestras de suelos los límites de detección (LD) fueron de 30 mg/kg y los límites de cuantificación (LC) fueron de 100 mg/kg. Para las muestras de yerba mate los LD fueron de 0,1 mg/kg y los LC fueron de 0,3 mg/kg.

Los análisis estadísticos de los datos obtenidos se realizaron con el software STATGRAPHICS® Centurion XVI.

Resultados y Discusión

En general se encontraron contenidos de Zn entre 24 y 136 mg/kg en tejidos de las plantas de yerba mate. A continuación, se presentan los resultados para cada experiencia realizada.

Experiencia 1: influencia de la acidez del suelo

Los valores de pH-KCl medidos en las muestras de suelos ácidos se encontraron entre 3,9 y 4,7, mientras que en las muestras de suelos muy ácidos se encontraron entre 3,6 y 3,9.

Los análisis en suelos mostraron que en todos los casos se pudo detectar el contenido de Zn, pero solo en dos muestras se pudo cuantificar, encontrando valores de 103,6 mg/kg (suelo ácido de la zona sur) y de 112,0 mg/kg (suelo muy ácido de la zona centro).

En la Figura 1 se presentan los resultados de las determinaciones del contenido de Zn en hojas y palos para estas muestras.

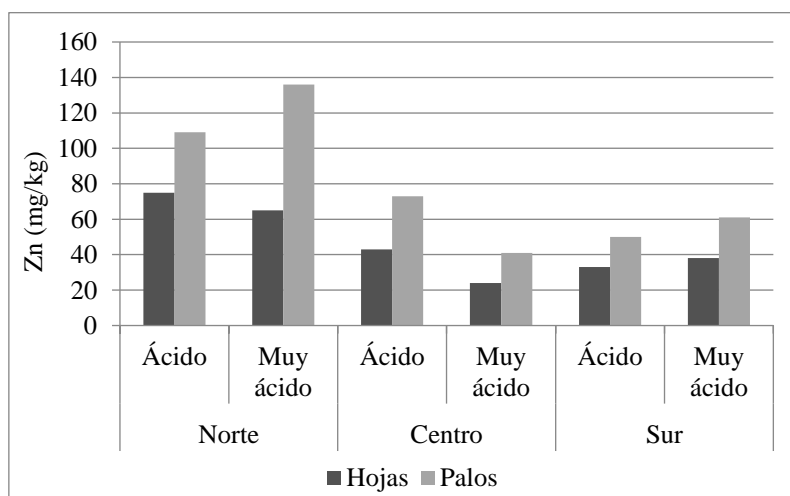


Figura 1. Contenido de Zn en hojas y palos de plantaciones de yerba mate según acidez.

En todos los casos se pudo cuantificar el contenido de Zn, entre 24 y 75 mg/kg en las hojas y entre 41 y 136 mg/kg en los palos. El contenido de Zn fue mayor en palos que en hojas.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial para determinar qué factores tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de Zn (variable dependiente). Se evaluaron 3 factores: región geográfica de los yerbales (3 niveles: norte, centro y sur), acidez del suelo (2 niveles: poco ácido y muy ácido) y fracción de la planta (2 niveles: hojas y palos).

La región geográfica y la fracción de la planta tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de Zn, para un nivel de confianza del 95 %. El contenido medio de Zn para la región norte presentó diferencias estadísticamente significativas con el hallado en las otras dos regiones. La zona norte presentó el mayor contenido medio de Zn. Estas diferencias entre las distintas regiones podrían estar influenciadas por las características específicas del suelo, el relieve y el régimen de lluvia de cada sector muestreado. Sin embargo, la acidez del suelo no tuvo un efecto estadísticamente significativo. El contenido medio de Zn en las hojas y en los palos presentó diferencias estadísticamente significativas y los palos tuvieron un mayor contenido de Zn, para un nivel de confianza del 95 %.

Experiencia 2: influencia del nivel de fertilización

En la Figura 2 se presentan los contenidos de Zn en mezclas de hojas y palos de plantaciones de yerba mate ubicados en el norte, centro y sur de la provincia de Misiones, considerando fertilización alta y fertilización baja.

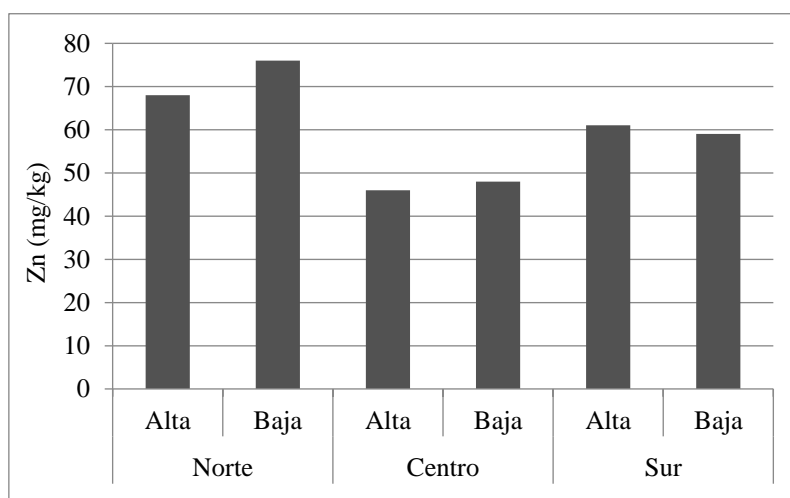


Figura 2. Contenido de Zn en plantaciones de yerba mate según nivel de fertilización.

Los resultados mostraron que en todos los casos se pudo cuantificar el contenido de Zn, entre 46 y 76 mg/kg.

Se realizó un ANOVA multifactorial para determinar qué factores tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de Zn (variable dependiente). Se evaluaron 2 factores: región geográfica de los yerbales (3 niveles: norte, centro y sur) y sistema de fertilización (2 niveles: alta y baja).

La región geográfica tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de Zn, para un nivel de confianza del 95 %. Sin embargo, el sistema de fertilización no presentó un efecto estadísticamente significativo.

El contenido medio de Zn de la región sur no presentó diferencias estadísticamente significativas con el de las otras dos regiones, mientras que el contenido medio de Zn de la

región norte presentó diferencias estadísticamente significativas con el de la región centro, para un nivel de confianza del 95 %. Además, las regiones norte y sur (sin diferencias significativas entre sí) presentaron el máximo contenido de Zn.

Estos resultados difieren de los obtenidos en la experiencia 1, donde la región norte presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a las otras dos regiones. La reducida cantidad de muestras combinada con los escasos puntos o localidades de muestreo pudo no haber logrado una representatividad real de las regiones.

Conclusiones

Los niveles de Zn en suelos y plantaciones de yerba mate de la provincia de Misiones presentan una gran variabilidad.

Las determinaciones realizadas según la acidez del suelo indican que hay diferencias significativas entre la región norte y las demás regiones y entre las fracciones de la planta, sin embargo, la acidez del suelo no tiene un efecto significativo sobre el contenido de Zn en las plantaciones. Por otra parte, el contenido de Zn en los palos es superior al de las hojas. Esto implica que la composición final de un paquete de yerba mate (porcentajes de hojas y palos) también influiría en el aporte de Zn en el producto comercial.

Las determinaciones realizadas según el nivel de fertilización aplicada indican que hay diferencias significativas entre las regiones, aunque el sistema de fertilización no tiene un efecto significativo sobre el contenido de Zn en las plantaciones. Las diferencias encontradas entre las regiones para esta experiencia no son las mismas que para la experiencia anterior.

En cuanto a la influencia de algunas variables estudiadas sobre el contenido de Zn, es importante aclarar que este trabajo tuvo algunas limitaciones, como la baja cantidad de muestras disponibles para analizar, en combinación con los escasos puntos o localidades de muestreo. Por lo tanto, los resultados obtenidos y las conclusiones inferidas deben ser encuadrados en las condiciones del presente estudio.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y al Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) por financiar el trabajo de investigación a partir del cual surgieron los datos presentados en este trabajo.

Referencias Bibliográficas

- ALLOWAY, B.J. (2008). Zinc in soils and crop nutrition. IZA and IFA, 2° ed. ISBN: 978-90-8133-310-8.
- BARBOSA, J.Z.; VARGAS MOTTA, A.C.; CONSALTER, R.; POGGERE, G.C.; SANTIN, D.; WENDLING, I. (2018). Plant growth, nutrients and potentially toxic elements in leaves of yerba mate clones in response to phosphorus in acid soils. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(1), 557-571. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820160701>.
- BROADLEY, M.R.; WHITE, P.J.; HAMMOND, J.P.; ZELKO, I.; LUX, A. (2007). Zinc in plants. *The New Phytologist*, 173(4), 677-702. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x>.
- BRUMOVSKY, L.A.; SÁNCHEZ BOADO, L.; THEA, A.E. (2015). Aportes nutricionales y propiedades biológicas de la yerba mate. En M.E. Schmalko, S.D. Prat Krikum y R.G. Känzig (Eds.), *La yerba mate: tecnología de la producción y propiedades* (271-313). Editorial Universitaria. ISBN: 978-950-579-397-6.
- BURTNIK, O.J. (2006). *Yerba mate: manual de producción*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Consultado el 14/06/2022. Disponible en:

- <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/material-de-consulta/guiasmanuales-y-folletos/2951-yerba-mate-manual-de-la-produccion.html>.
- DE GROOTE, H.; TESSEMA, M.; GAMEDA, S.; GUNARATNA, N.S. (2021). Soil zinc, serum zinc, and the potential for agronomic biofortification to reduce human zinc deficiency in Ethiopia. *Scientific Reports*, 11, 8770. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88304-6>.
- DESHPANDE, J.D.; JOSHI, M.M.; GIRI, P.A. (2012). Zinc: the trace element of major importance in human nutrition and health. *International Journal of Medical Science and Public Health*, 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.5455/ijmsph.2013.2.1-6>.
- GUPTA, N.; RAM, H.; KUMAR, B. (2016). Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15, 89-109. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9390-1>.
- HORTÚA, N.S. (2013). El zinc como aditivo para la industria de alimentos: una alternativa de ingrediente funcional. Trabajo final de Especialización en Alimentación Y Nutrición. Facultad de Ingeniería. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas, Antioquia, Colombia.
- HUANG, L; DRAKE. V.J.; HO, E. (2015). Zinc. *Advances in Nutrion*, 6, 224-226. <https://doi.org/10.3945/an.114.006874>.
- INFOLEG, Información Legislativa y Documental (1993). Decreto 831/93. Reglamentación de la Ley N° 24.051 de Residuos Peligrosos. Consultado el 22/07/2022. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/10000-14999/12830/texact.htm>.
- NOULAS, C., TZIOUVALEKAS, M.; KARYOTIS, T. (2018). Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 252-260. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009>.
- PRAT KRIKUM, S.D. (2015). El cultivo. En M.E. Schmalko, S.D. Prat Krikum y R.G. Känzig (Eds.), *La yerba mate: tecnología de la producción y propiedades* (15-54). Editorial Universitaria. ISBN: 978-950-579-397-6.

CEVAD Campo: Novo sistema de cultivo de erva mate com alta densidade de plantio

Gabira, Mônica Moreno^{1a}; Aguiar, Natália Saudade de²; Duarte, Manoela Mendes³; Tomasi, Jéssica de Cássia²; Vieira, Leandro Marcolino³; Benedito, Débora Caroline Defensor²; Silva, Magali Ribeiro da^{1b}; Wendling, Ivar⁴

^{1a}Doutora, bolsista de pós-doutorado; ^{1b}Professora. Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, Brasil, monica.gabira@gmail.com; magali.ribeiro@unesp.br

²Doutoranda. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, talia.saguiar@yahoo.com.br; jehtomasi@gmail.com; debora.defensor@gmail.com

³Doutor (a), bolsista CNPq. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, manu.florestal@gmail.com; leandromarcolinovieira@gmail.com

⁴Pesquisador. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, ivar.wendling@embrapa.br

Resumo: O cultivo de erva mate no Brasil é realizado com densidade de plantio entre 2.222 e 2.800 plantas ha⁻¹. No entanto, a possibilidade do uso da folha de erva mate como matéria prima para outros produtos além das tradicionais bebidas exige características diferenciadas que podem ser obtidas com o aumento da densidade de plantio e redução do período entre colheitas. Neste estudo temos por objetivo descrever um novo sistema de cultivo para erva mate, denominado CEVAD Campo, e expor resultados de produtividade de dois plantios experimentais com densidades de plantio superiores ao convencional – em General Carneiro/PR (9.090 plantas ha⁻¹, 13.333 plantas ha⁻¹ e 25.000 plantas ha⁻¹) e Espumoso/RS (43.073 plantas ha⁻¹). Em General Carneiro o plantio foi estabelecido avaliando também diferentes doses de adubação nitrogenada – 0%, 50%, 100%, 200% e 300% da dose recomendada conforme análise de solo – e em Espumoso o plantio foi estabelecido com o uso de irrigação via gotejamento, prática pouco usual no cultivo da erva mate. O aumento da densidade de plantio em ambos os plantios experimentais não ocasionou competição entre plantas durante o período avaliado e proporcionou aumento da produtividade de folhas. No plantio estabelecido em General Carneiro nota-se a importância de adaptar a disponibilidade de nitrogênio conforme o aumento da densidade de plantio e frequência de colheitas, atentando-se para que não haja excesso de fertilizante e perdas por lixiviação. A produtividade de folhas durante o período avaliado foi superior ao que se observa em cultivos convencionais de erva mate, além da possibilidade de colheitas logo ao primeiro ano após o plantio. As colheitas mais frequentes possibilitam maior proporção de folhas jovens e sem defeitos, cujas características químicas são de grande interesse para indústrias alimentícias e farmacêuticas. O CEVAD Campo demonstra ter potencial para o aumento da produtividade de folhas jovens de erva mate utilizando-se do aumento da densidade de plantio, possibilitando o uso desta matéria prima em indústrias além das tradicionais.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*. Nutrição de plantas. Plantio adensado. Densidade de plantas. Silvicultura.

Introdução

A erva mate (*Ilex paraguariensis*) é uma espécie arbórea nativa da Floresta Ombrófila Mista da América do Sul, cultivada em monocultura, sistemas agroflorestais ou extraída de áreas naturais no Brasil, Argentina e Paraguai (Carvalho, 2003). Em sistemas de monocultivo, a erva mate é plantada em baixa densidade (2.222 – 2.800 plantas ha⁻¹), com período entre colheitas de 18-24 meses e a biomassa consistindo majoritariamente de folhas maduras e ramos finos. Estudos

recentes têm demonstrado que folhas de erva mate podem ser importante fonte de cafeína, teobromina e outros compostos bioativos para indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (Riachi & Maria, 2017; Duarte et al., 2020). Considerando-se que folhas jovens possuem maiores teores de compostos ativos que folhas maduras, reduzir o período entre colheitas é uma alternativa para a produção de matérias primas de interessa para novos mercados. A redução do intervalo entre colheitas também garante aumento da qualidade das folhas por reduzir a exposição e suscetibilidade a danos ambientais e ataques de pragas e doenças (Blum-Silva et al., 2015).

Além da redução no intervalo de colheitas, o aumento da densidade de plantio é uma alternativa silvicultural para aumentar a produtividade de plantios (Charlton et al., 2020; Hakamada et al., 2020; Schwerz et al., 2020). Estudos com espécies florestais indicam que a produtividade por área tende a aumentar com o aumento da densidade de plantio, até que comece a haver competição entre os indivíduos e conseqüente redução da produtividade individual, comprometendo a produtividade por área (Huber et al., 2021). Plantios de *Camellia sinensis*, usada para produzir chá, podem chegar a 180,00 plantas ha⁻¹ e as folhas são colhidas em intervalos regulares para garantir a produção de folhas com características específicas (Kigalu, 2007a; Kigalu, 2007b).

Neste estudo apresentamos uma nova alternativa para o cultivo de erva mate, visando a produção de folhas jovens para usos diferentes daqueles tradicionalmente estabelecidos para a espécie, o sistema aqui descrito foi denominado CEVAD Campo – Cultivo de Erva Mate em Alta Densidade no Campo. Foram implantados dois testes a campo para avaliação da produtividade do sistema de cultivo em diferentes condições, os quais serão descritos a seguir.

Material e Métodos

Experimento em General Carneiro/PR-Brasil

O experimento foi implantado em setembro de 2018 em propriedade rural no município de General Carneiro (Paraná – 26°25'39" S, 51°18'56" O, 983 m). Neste estudo utilizamos três densidades de plantio – 9.090 plantas ha⁻¹, 13.333 plantas ha⁻¹ e 25.000 plantas ha⁻¹ – e cinco doses de adubação nitrogenada – 0%, 50%, 100%, 200% e 300% da dose recomendada com base na interpretação da análise de solo da área, conforme a recomendação de Pentead Junior e Goulart (2019). Foram utilizadas mudas seminais provenientes de viveiros da região. Três meses antes do plantio foi realizada limpeza da área e calagem. No estabelecimento do plantio, aplicamos fertilizantes de acordo com a análise de solo (44.0 kg N ha⁻¹, 153.9 kg P ha⁻¹ e 42.5 kg K ha⁻¹), o que representa a dose anual de P e metade da dose anual de N e K, conforme recomendado por Wendling e Santin (2015). Após o plantio, a adubação foi aplicada sempre em janeiro e setembro, considerando as diferentes doses de N estabelecidas para cada tratamento.

As mudas foram podadas aos quatro meses após o plantio para inibição da dominância apical e oito meses após o plantio ocorreu a primeira poda (maio/2019). Os dados de produtividade total de biomassa por hectare foram coletados em podas realizadas nos meses de janeiro e maio de 2019 a 2022.

Experimento em Espumoso/RS-Brasil

O experimento foi implantado em outubro de 2021 em propriedade rural no município de Espumoso (Rio Grande do Sul – 28°51'59" S, 52°51'39" O). Tendo como base os resultados do plantio previamente estabelecido em General Carneiro, este experimento foi implantado com uma densidade de plantio mais alta – 43.073 plantas ha⁻¹ – e em sistema irrigado por gotejamento. A irrigação é prática pouco convencional no cultivo de erva mate, mas que tem

sido necessária nos últimos anos devido à ocorrência de secas severas na região. Foram utilizadas mudas seminais provenientes de viveiros da região. Três meses antes do plantio foi realizada limpeza da área, subsolagem e calagem. No plantio as mudas foram adubadas conforme recomendação de Wendling e Santin (2015), com a dose anual de P e K sendo aplicada em setembro e a dose anual de N parcelada em quatro vezes (setembro, novembro, janeiro e março); o mesmo critério para adubação se seguiu nos anos seguintes.

Durante os primeiros meses após a implantação, as mudas foram irrigadas duas vezes ao dia por 30 minutos; após, a irrigação foi reduzida a três vezes por semana durante 15 minutos. As mudas foram podadas aos quatro meses após o plantio para inibição da dominância apical, em janeiro/2022; após o primeiro ano, as colheitas foram realizadas em março/2022 e outubro/2022, quando avaliamos a produtividade total de biomassa por hectare. No segundo ano de cultivo, o período entre colheitas foi reduzido a 20-40 dias visando a colheita de maior proporção de folhas jovens.

Resultados e Discussão

Experimento em General Carneiro/PR

Os dados do primeiro ano correspondem a apenas uma colheita, realizada em janeiro, enquanto nos anos subsequentes os dados correspondem ao somatório das colheitas de janeiro e maio (Tabela 1). Houve aumento da produtividade em relação à densidade de plantio e às doses de N, com produtividade crescente ao longo dos anos. Como esperado, em todas as densidades de plantio a menor produtividade foi observada nos tratamentos em que não houve aplicação de N (0%) e a maior produtividade foi observada nos tratamentos com a maior dose de N (300%). É importante salientar que doses em excesso de fertilizantes podem não refletir em aumento proporcional da produtividade, pois o crescimento vegetal é multifatorial, além de implicar em danos ambientais e na possibilidade de inviabilizar financeiramente o empreendimento (Salim & Raza, 2020). Observamos que mesmo na maior densidade utilizada não houve redução ou estagnação da produtividade total, indicando que as plantas não entraram em competição umas com as outras.

Tabela 1. Produtividade anual ($t\ ha^{-1}$) do sistema CEVAD campo em três densidades de plantio em função das doses de nitrogênio (N), avaliada ao longo de quatro anos em General Carneiro, PR.

Dose de N (%)	Ano				Produção total ($t\ ha^{-1}$)
	1	2	3	4	
9.090 plantas ha^{-1}					
0	0,18	0,47	0,43	1,67	2,7
50	0,33	0,77	0,91	2,52	4,5
100	0,40	0,75	0,77	2,51	4,4
200	0,30	0,68	1,22	3,39	5,6
300	0,43	0,76	1,03	4,10	6,3
13.333 plantas ha^{-1}					
0	0,38	0,97	0,88	2,36	4,6
50	0,55	1,05	1,25	4,01	6,9
100	0,48	0,86	1,06	4,58	7,0
200	0,43	0,85	1,17	3,94	6,4
300	0,55	0,87	1,28	5,95	8,7
25.000 plantas ha^{-1}					
0	0,67	1,35	1,51	3,99	7,5
50	0,91	1,96	2,10	6,33	11,3

100	0,92	1,27	1,48	6,93	10,6
200	0,86	2,54	3,45	8,78	15,6
300	1,31	1,94	3,12	9,60	16,0

Experimento em Espumoso/RS

Os dados de produtividade correspondem a todas as colheitas realizadas no ano de 2022 (ano 1) e às colheitas realizadas até maio/2023 (ano 2) (Tabela 2). Observamos aumento da produtividade no segundo ano de cultivo, provavelmente devido ao melhor estabelecimento das plantas no campo, e espera-se aumento da produtividade nos anos subsequentes. É importante salientar que a produtividade deste sistema de cultivo consiste em folhas jovens e brotos, com foco em indústrias alimentícias e farmacêuticas, não sendo esta matéria prima apropriada para o beneficiamento tradicionalmente feito em ervateiras. A redução dos intervalos entre colheitas possibilita o aumento da qualidade da matéria prima produzida, considerando-se que as folhas permanecerão por menos tempo sujeitas a intempéries e que folhas jovens e brotos de erva mate apresentam maiores teores de compostos bioativos que as folhas maduras (Blum-Silva et al., 2015; Yin et al., 2015). Apesar de não termos avaliado teores de compostos bioativos neste estudo, erva mate e outras espécies do gênero *Ilex* são amplamente conhecidas por sua composição química como metilxantinas e atividade antioxidante (Hao et al., 2013; Bracesco, 2019).

Tabela 2. Produtividade anual (t ha⁻¹) do sistema CEVAD campo ao longo de dois anos em Espumoso, RS.

Ano		Produção total (t ha ⁻¹)
1	2	
2,23	3,63	5,8

Conclusões

Neste estudo demonstramos que altas densidades de plantio podem ser empregadas no cultivo de erva mate, possibilitando aumento da produção sem o comprometimento da produtividade individual de plantas. O sistema CEVAD campo apresenta alta produtividade de folhas, possibilitando a colheita mais frequente e maior proporção de folhas jovens, de grande interesse para o mercado alimentício e farmacêutico.

Agradecimentos

Agradecemos à Embrapa Florestas e a Universidade Federal do Paraná pelo apoio logístico e infraestrutura laboratorial para a realização dos experimentos. À CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudos. À Fazenda Água Viva (General Carneiro/PR) e Fazenda Ervais do Futuro (Espumoso/RS) pelo apoio financeiro e logístico, além da disponibilização de área para implantação dos experimentos.

Referências Bibliográficas

- BLUM-SILVA, C.H.; CHAVES, V.C.; SCHENKEL, E.P.; COELHO, G.C.; REGINATTO, F.H. The influence of leaf age on methylxanthines, total phenolic content, and free radical scavenging capacity of *Ilex paraguariensis* aqueous extracts. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.25, p.1–6, 2015. DOI: 10.1016/J.BJP.2015.01.002.
- BRACESCO, N. *Ilex Paraguariensis* as a healthy food supplement for the future world. *Biomed Journal of Scientific & Technical Research*, v.16, p.1–3, 2019. DOI: 10.26717/BJSTR.2019.16.002808.

- CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras. Brasília, DF: DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- CHARLTON, R.A.; NAGHIZADEH, Z.; HAM, C.; WESSELS, C.B. A value chain comparison of *Pinus patula* sawlog management regimes based on different initial planting densities and effect on wood quality. *Forest Policy and Economics*, v.111, p.102067, 2020. DOI: 10.1016/j.forpol.2019.102067.
- DUARTE, M.M.; TOMASI, J.D.C.; HELM, C.V.; AMANO, E.; LAZZAROTTO, M.; GODOY, R.C.B. DE; NOGUEIRA, A.C.; WENDLING, I. Caffeinated and decaffeinated mate tea: Effect of toasting on bioactive compounds and consumer acceptance. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.15, p.e8513, 2020. DOI: 10.5039/agraria.v15i3a8513.
- HAKAMADA, R.E.; HUBBARD, R.M.; MOREIRA, G.G.; STAPE, J.L.; CAMPOE, O.; FERRAZ, S.F. DE B. Influence of stand density on growth and water use efficiency in *Eucalyptus* clones. *Forest Ecology and Management*, v.466, p.118125, 2020. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118125.
- HAO, D.; GU, X.; XIAO, P.; LIANG, Z.; XU, L.; PENG, Y. Research progress in the phytochemistry and biology of *Ilex* pharmaceutical resources. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, v.3, p.8–19, 2013. DOI: 10.1016/j.apsb.2012.12.008.
- HUBER, M.; NIEUWENDIJK, N.M.; PANTAZOPOULOU, C.K.; PIERIK, R. Light signalling shapes plant–plant interactions in dense canopies. *Plant Cell and Environment*, v.44, p.1014–1029, 2021. DOI: 10.1111/pce.13912.
- KIGALU, J.M. Effects of planting density and drought on the productivity of tea clones (*Camellia sinensis* L.): Yield responses. *Physics and Chemistry of the Earth*, v.32, p.1098–1106, 2007a. DOI: 10.1016/j.pce.2007.07.022.
- KIGALU, J.M. Effects of planting density on the productivity and water use of tea (*Camellia sinensis* L.) clones. I. Measurement of water use in young tea using sap flow meters with a stem heat balance method. *Agricultural Water Management*, v.90, p.224–232, 2007b. DOI: 10.1016/j.agwat.2007.03.005.
- PENTEADO JUNIOR, J.F.; GOULART, I.C.G. DOS R. Erva 20: sistema de produção de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152p.
- RIACHI, L.G.; MARIA, C.A.B. DE. Yerba mate: an overview of physiological effects in humans. *Journal of Functional Foods*, v.38, p.308–320, 2017. DOI: 10.1016/j.jff.2017.09.020.
- SALIM, N.; RAZA, A. Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, v.43, p.297–315, 2020. DOI: 10.1080/01904167.2019.1676907.
- SCHWERZ, F.; NETO, D.D.; CARON, B.O.; NARDINI, C.; SGARBOSSA, J.; ELOY, E.; BEHLING, A.; ELLI, E.F.; REICHARDT, K. Biomass and potential energy yield of perennial woody energy crops under reduced planting spacing. *Renewable Energy*, v.153, p.1238–1250, 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2020.02.074.
- WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília: Embrapa, 2015. 195p.
- YIN, Y.; KATAHIRA, R.; ASHIHARA, H. Metabolism of purine alkaloids and xanthine in leaves of maté (*Ilex paraguariensis*). *Natural Product Communications*, v.10, p.707–712, 2015. DOI: 10.1177/1934578X1501000503.

De tareferos a podadores, una puesta en valor de la cosecha de yerba mate

Burtnik, Oscar¹; Arndt, Guillermo Martin²; Munaretto, Nestor³; Andino, Wilma⁴

¹Extensionista – Asistente Regional de Extensión. INTA CR Misiones. Posadas,
burtnik.oscar@inta.gob.ar

²Investigador, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nac 14 km 836, Cerro Azul,
arndt.guillermo@inta.gob.ar

³Técnico extensionista MAYP – INTA. AER Santo Pipó, munaretto.nestor@inta.gob.ar

⁴Abogada, Delegada de RENATRE en la provincia de Misiones, 3 de Febrero 1970, Posadas,
Misiones, wandino@renatre.org.ar

Resumen: En Argentina la cosecha de yerba mate es conocida como “tarefa”. Este trabajo es realizado en forma manual y artesanal por personas, que, comúnmente se los conoce como “tareferos”. Este trabajo está calificado como sacrificado, mal pago y riesgoso. Por lo que muy pocas personas elijen este oficio para mantener a sus familias, quedando como una última opción laboral. Aun así, hoy se cuenta con 8000 tareferos registrados (hombres y mujeres). Este oficio por lo general se aprende por una formación que se da de generación en generación y muy pocas veces reciben una capacitación formal. Dada esta situación, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina y el Registro Nacional de Trabajadores Rurales y Empleadores (RENATRE) acordaron firmar un convenio para la capacitación de los tareferos para revalorizar la tarea que realizan durante las épocas de cosechas. El plan de capacitación consistió en un programa teórico práctico, en donde, los agentes del INTA les explicaban los fundamentos y técnicas adecuadas de las podas, en este punto se difundió la metodología de cosecha de “Rama Madura”, cuyo proceso consta de cinco pasos, que pueden realizarse en un mismo momento o separarse, los cuales son: 1) Viruteo; 2) Limpieza; 3) Corte de ramas maduras; 4) raleo de ramas verdes y 5) Mboreví Carú. Además, se los capacitó en el uso y mantenimiento correcto de las herramientas (tijeras, serruchos, motosierras), seguridad e higiene en el trabajo. El RENATRE por su parte les informaba sobre sus funciones, y todo lo referido a los derechos de los trabajadores rurales, como así también la disminución del trabajo no registrado y el trabajo infantil. Producto de este trabajo de articulación interinstitucional se logró visitar 23 localidades de la provincia de Misiones, en cada capacitación se contaba con 20 tareferos, de esta manera se logró capacitar a 960 tareferos registrados.

Palabras clave: Capacitación. *Ilex paraguariensis*. Poda.

Introducción

En la Argentina existen alrededor de 8000 tareferos registrados, los cuales tienen distintos tipos de contratación, siendo la más habitual el trabajo temporario y a destajo (SITAMi, 2023). En el vocabulario de las normas IRAM, el tarefero es el operario que realiza la tarefa; siendo la tarefa (tarifa), la poda y cosecha de la yerba mate (IRAM 2012). Este trabajo, aprendido del boca a boca, o a través de la propia experiencia mediante el mecanismo de prueba y error, se puede inscribir dentro de los trabajos artesanales, previos a la división del trabajo.

Según Gortari *et al* (2017), la iniciación en la tarea de cosecha de yerba mate es a temprana edad; y se aprende de padres a hijos, o de hermanos mayores a hermanos menores; quienes a su vez aprendieron de la misma manera. Los citados autores también hacen referencia a manifestaciones de parte de los tareferos de ausencia de capacitaciones en la temática, ya sea provenientes de la actividad privada o de los organismos públicos.

Históricamente, este trabajo ha sido calificado como sacrificado (por la intensidad de la tarea y la exigencia que conlleva) y mal remunerado (porque el tarefero es quien se lleva la menor proporción del valor agregado a la yerba mate), además de riesgoso (lastimaduras, accidentes o ataques de animales), por lo que siempre es considerado como la última opción laboral de este grupo de trabajadores.

Dependiendo de las condiciones climáticas y del yerbal, una persona puede obtener hasta unos 1000 kilogramos de hoja verde en una jornada laboral, siendo el promedio de alrededor de 400 kg (Munaretto, com. pers.) con cosecha artesanal. Estos valores pueden aumentar notoriamente realizando una cosecha de ramas maduras con uso de tijera electrónica y división del trabajo.

Según de Coulon (2001) todos los pasos de la cosecha de tipo artesanal son realizados por una sola persona, mientras que se pueden distinguir: el viruteo, el corte, la quiebra, pesar, cargar y descargar. Por otro lado, la legislación laboral reconoce solamente dos etapas: corte y quiebre, lo cual hace difícil la introducción de innovaciones en el proceso. En los últimos 30 años se han ido manifestando cambios tanto en las técnicas de poda, como en los procesos, que tienden a la división del trabajo y a su humanización.

Toda intervención humana en las plantas produce estrés, que se ve reflejado en el declinamiento de las plantaciones con el paso de los años. Hasta el presente, el método de poda que menores daños causa es el “tradicional mejorado” más conocido popularmente como “cosecha de ramas maduras” en la Argentina. Esta poda requiere cuatro herramientas básicas: manos, serruchos de poda, tijeras de poda y un cinturón con sendas vainas para estos dos últimos instrumentos.

El proceso consta de cinco pasos, que pueden realizarse en un mismo momento o separarse, los cuales son: 1) Viruteo: extracción manual de ramas finas internas que no lastiman la corteza; 2) Limpieza: extracción con serrucho o motosierra de material leñoso grueso, mal formado o mal ubicado; 3) Corte de ramas maduras: ramas de color gris y con más de 2,5 cm de diámetro, las que son quitadas con serrucho o tijera eléctrica dejando un remanente (aumento) de 15 a 20 cm de largo; 4) raleo de ramas verdes: del año, son quitadas al ras con tijera de podar, dejando aquella más fuerte sobre cada aumento; y 5) Mboreví Carú: es el quiebre con la mano o despunte con tijera del tercio superior de las ramas verdes que quedaron sobre la planta después del raleo (Burtnik, 2014; Munaretto, 2022).

Por otra parte, la ergonomía en el trabajo requiere que se utilicen herramientas que permitan desarrollar la actividad con una mayor seguridad y que eviten los riesgos de accidentes, como así también buenas prácticas a la hora de realizar el trabajo como ser: pausas activas, hidratación, descansos, elongaciones, entre otras (SRT, 2020).

Estos avances en las técnicas y en la humanización del trabajo deben ser transmitidos a todos los involucrados, especialmente a los empleadores y a los trabajadores, tarea que ha sido encarada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina en convenio con el Registro Nacional de Trabajadores Rurales y Empleadores (RENATRE), para capacitación de los tareferos en materia laboral y en la técnicas de poda de yerba mate, como así también la disminución del trabajo en negro e infantil.

Materiales y Métodos

Para llevar adelante este plan de capacitaciones, en primera instancia se formalizó el compromiso en la participación y colaboración de las dos instituciones convocantes por medio de un convenio INTA-RENATRE.

Como siguiente paso se procedió a la elaboración de un programa para cada capacitación, la misma consistió en dos módulos, como se describe a continuación.

Módulo 1: Práctico por la mañana (en yerbales)

- Acreditación y asistencia.
- Buenas prácticas de cosecha.
- Principios básicos de manejo de planta.
- Etapas de la cosecha.
- Reconocimiento de las distintas acciones de cosecha.
- Refrigerio.
- Manejo de serrucho y tijera convencional.
- Utilización de los capacitadores de todos los elementos de protección necesarios.
- Almuerzo.

Módulo 2: Teórico después del almuerzo

- RENATRE Leyes N°S 25.191 – 26727.
- Prohibición de Trabajo Infantil – Protección del Trabajo Adolescente
- Manual de buenas prácticas MBP - Yerba Mate.

Una vez definido el programa, se procedió a definir en qué localidades de la Provincia de Misiones se realizarían las capacitaciones del año en curso. Esta elección se realizaba al inicio de cada año y se armaban los cronogramas con las fechas y lugar de cada capacitación.

Cada capacitación tuvo una participación promedio de 20 trabajadores, de esta manera se interactuó con cada uno de forma personal.

La convocatoria de los trabajadores estaba a cargo del RENATRE a través de sus oficinas de atención al público, mientras que la chacra (yerbal) para hacer la práctica lo conseguía personal de la Agencia de Extensión Rural del INTA que trabajaba en esa localidad, como así la logística y capacitadores locales. En muchas oportunidades se contó con el apoyo de las autoridades y personal municipal local.

Resultados

Desde su implementación, este convenio interinstitucional ha realizado acciones en 23 distintas localidades de la provincia de Misiones (ver mapa). En algunas de esas localidades se repetían las capacitaciones dentro del mismo año o al año siguiente. Es así como, hasta la actualidad 960 trabajadores del sector fueron entrenados en manejo y cosecha de yerba mate, con productores yerbateros que, además, participaron de charlas sobre Corresponsabilidad Gremial y Trabajo Infantil. Se ha respetado el cronograma de trabajo acordado y cada institución ha aportado los compromisos asumidos.

Este tipo de actividades permite afianzar las articulaciones interinstitucionales, pues estas contribuyen con el logro de mejores resultados en beneficio del sector yerbatero.



Figura 1. Mapa con las localidades visitadas durante las capacitaciones.

Otras observaciones que se pueden destacar de este trabajo son, la importancia de fortalecer trabajos con los podadores (cosecheros) ya que son ellos los encargados de realizar la preparación de las plantas y mejorar los rendimientos de los yerbales. Con esta forma de capacitación se llega a una población indispensable en la cadena de la yerba mate. Se valoriza y se visualiza el trabajo y el rol del cosechero, generando mano de obra calificada y especializada.

Conclusiones

La capacitación excedió lo meramente técnico, abarcando aspectos de ergonomía, legales, sociales y económicos. Por otra parte, la capacitación resultó muy motivante para los trabajadores, ya que se sintieron reconocidos, revalorados y pudieron visualizar la importancia de la tarea que realizan.

Para el futuro, es posible crear nuevas instancias de capacitación en el área de Influencia de las Agencias de Extensión Rural; con la posibilidad de realizarlas en otros municipios los cuales se mostraron interesados en las capacitaciones, e incluir grupos de jóvenes para permitir avanzar en la profesionalización de la tarea.

Agradecimientos

Los autores queremos agradecer especialmente al personal del RENATRE, de las AER del INTA involucradas en la capacitación y en la logística, y a las intendencias que se han sumado a esta tarea. A los productores que permitieron sus chacras para realizar las prácticas. A los tareferos que asistieron a las capacitaciones, por el interés y respeto puestos de manifiesto.

Referencias Bibliográficas

- BURTNIK, OSCAR J. 2014. Yerba Mate: Manual del pequeño productor. INTA-EEA Cerro Azul, Miscelánea N°69. Misiones, Argentina. 56p.
- DE COULON, EDUARDO. 2001. Innovación tecnológica y proceso de trabajo en la cosecha de yerba mate. Análisis del proceso de cosecha con tijera electrónica. Tesis de maestría en administración estratégica de negocios. Misiones, Argentina. 106p.
- GORTARI, JAVIER; RE, DANIEL; ROA, MARIA LUZ. 2017. Tareferos: vida y trabajo en los yerbales. La edición especial. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, Posadas.
- IRAM 20515. 2012. La yerba mate. Vocabulario. Instituto Nacional de Racionalización y certificaciones. 10p.
- MUNARETTO, NÉSTOR. 2022. Yerba Mate. Buenas prácticas de cosecha. Tríptico del Proyecto Local Yerba Mate. INTA.
- SITAMi. Sistema de Información de Tareferos de Misiones. Sitio Web: <https://sitami.com.ar/sitami/tareferos.php>. Fecha de acceso: 16/6/2023
- SRT. 2020. Manual de Buenas Prácticas. Actividad yerbatera. Cultivo y cosecha. Buenos Aires. 108p.

Desempenho de progênies de erva-mate em Santa Catarina, Brasil

Benedito, Débora Caroline Defensor¹; Aguiar, Natália Saudade de¹; Duarte, Manoela Mendes²; Gabira, Mônica Moreno³; Tomasi, Jéssica de Cássia¹; Reis, Cristiane Aparecida Fioravante⁴; Wendling, Ivar⁴

¹Doutoranda. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil,

debora_defensor@outlook.com; talia.saguiar@yahoo.com.br; jehtomasi@gmail.com

²Doutora, bolsista CNPq. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, manu.florestal@gmail.com

³Doutora, bolsista de pós-doutorado na Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, Brasil, monica.gabira@gmail.com

⁴Pesquisador (a). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, cristiane.reis@embrapa.br; ivar.wendling@embrapa.br

Resumo: A erva-mate tem grande valor econômico, principalmente nos estados do Sul do Brasil. A busca por cultivares cada vez mais produtivas e adequadas aos ambientes de cultivo é constante, sendo o estabelecimento de testes progênies importantes para estimar parâmetros genéticos e auxiliar no processo de seleção. O teste de progênies do presente estudo foi implantado, em julho de 2016, no município de Major Vieira, no estado de Santa Catarina. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 10 repetições de três plantas por parcela, no espaçamento 3 x 1,5 m. O teste é composto por 51 progênies de erva-mate de primeira, segunda e terceira gerações. Os dados referentes à produtividade da biomassa comercial foram obtidos em julho de 2022. Foram analisados de acordo com o procedimento de modelos mistos por meio software SELEGEN - REML/BLUP, objetivando estimar os componentes de variância e predizer os BLUPs. A estimativa da acurácia seletiva no teste foi satisfatória, sendo superior a 70%. A análise de *deviance* indicou que existem diferenças quanto à produção de biomassa comercial entre as progênies, com possibilidades de ganhos com a seleção. A média melhorada das 10 melhores árvores (intensidade de seleção de 1%), quanto aos valores genéticos aditivos ($u+a = 6,2759$ a $8,2638$), proporcionou um ganho genético de 43,32% em relação à média da população original. Já a média da população melhorada das 10 melhores árvores quanto aos valores genotípicos ($u+g = 6,7919$ a $10,2831$) proporcionará um ganho superior de 65,34%, uma vez que toda variância genética é capitalizada na seleção de clones. O desempenho das progênies de erva-mate neste teste é satisfatório e permite ganhos com a seleção de árvores superiores, seja de genitores para recombinação futura e, conseqüente avanço de geração, ou para clonagem. Os candidatos a clones serão avaliados em maior número de ambientes de forma a aferir seu mérito genético, com possibilidade de geração de futuras cultivares.

Palavras-chave: Ganho de seleção. Melhoramento genético. REML/BLUP. Selegen.

Introdução

Ilex paraguariensis St. Hil., conhecida como erva-mate, é uma árvore da família Aquifoliaceae, encontrada no sul do Brasil, Argentina e Paraguai (Carvalho, 2013). A erva-mate tem grande valor econômico nos estados do Sul do Brasil, por meio da colheita de folhas maduras e ramos finos das árvores (Santin et al., 2019), sendo utilizadas *in natura* na forma de chá mate, chimarrão e tereré e, também, nas indústrias farmacêuticas e alimentícias (Bracesco et al., 2011; Bracesco, 2019).

Grande parte dos plantios de erva-mate são implantados com mudas de baixa qualidade, produzidas a partir de sementes, sem critérios de seleção das matrizes, o que contribui para a baixa produtividade dos ervais (Penteado Júnior e Goulart, 2019). No Brasil, a produtividade média de biomassa comercial de erva-mate por área foi estimada em 8,1 ton ha⁻¹ em 2021 (IBGE, 2021), sendo que a grande maioria das plantações de erva-mate foram estabelecidas com materiais genéticos não melhorados. Entretanto, há cultivares comerciais com capacidade potencial de produção acima de 15 ton ha⁻¹ a cada 18 meses (Penteado Júnior e Goulart, 2019; Wendling, 2016).

A busca por cultivares cada vez mais produtivas e adequadas aos ambientes de cultivos de erva-mate é constante. No Brasil, há algumas iniciativas institucionais em prol do melhoramento genético da espécie. Uma dessas iniciativas é o Programa de Melhoramento Genético da Erva-Mate conduzido pela Embrapa Florestas em conjunto com parceiros públicos e privados (Resende et al., 1995). Neste contexto, o estabelecimento de testes de progênies é importante, pois possibilita estimar a herança de caracteres de valor econômico, os ganhos genéticos esperados pela seleção, bem como balizar a seleção de árvores matrizes, seja para produção de sementes melhoradas ou para clonagem (Costa, 2012).

Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar um teste de progênies de erva-mate estabelecido no município de Major Vieira, estado de Santa Catarina, na região Sul do Brasil.

Material e Métodos

O teste de progênies foi implantado em julho de 2016 em uma propriedade privada no município de Major Vieira - SC - Brasil (26°18'20,339"S, 50°21'23,725"W, na altitude de 810 m). O solo do local do experimento é do tipo Cambissolo Háplico Ta Alumínico típico e o clima, de acordo com a classificação climática de Köppen é Cfb.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 10 repetições, três plantas por parcela, no espaçamento 3 x 1,5 m. O teste foi composto por 51 progênies de polinização aberta, de primeira, segunda e terceira gerações. As sementes das 10 progênies de primeira geração foram coletadas em matrizes superiores nativas localizadas nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; as sementes das 39 progênies de segunda geração foram coletadas em matrizes superiores selecionadas em testes de progênies de primeira geração implantados em 1997, em Chapecó-SC e Ponta Grossa-PR; duas progênies de terceira geração foram provenientes de matrizes superiores coletadas em teste de progênies de segunda geração, implantado em Ponta Grossa-PR (1997), o qual tem como origem o teste de primeira geração implantado em Colombo-PR (1988).

Os dados de produtividade da biomassa comercial de erva-mate (folhas e ramos finos, menores que 7mm), em kg planta⁻¹, foram obtidos em julho de 2022, conforme metodologia desenvolvida por Wendling et al. (2016).

A análise de dados foi conduzida de acordo com o procedimento de modelos mistos (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction* – REML/BLUP), via Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada (SELEGEN - REML/BLUP) (Resende, 2016). A REML (Máxima Verossimilhança Restrita) foi aplicada para estimar os componentes da variância e o BLUP (Melhor Predição Linear Não Viciada) para predizer os valores genéticos aditivos. Utilizou-se o Modelo 01 do SELEGEN que considera progênies de polinização aberta de plantas alógamas, com várias observações por parcela, delineamento de blocos casualizados completos, avaliadas em um só local e safra (Equação 1) (Resende, 2007).

$$y = Xr + Za + Wp + e \quad (1)$$

Em que: y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A partir dessas análises foram obtidas as significâncias dos efeitos aleatórios dos modelos pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) e estabelecida a análise de *deviance* (Resende, 2007).

Resultados e Discussão

A estimativa da acurácia seletiva no teste de progênies de erva-mate foi satisfatória (0,7036), uma vez que são desejáveis valores de acurácia superiores a 70% nos experimentos de melhoramento genético. Uma elevada acurácia significa elevada correlação entre o valor genotípico verdadeiro e aquele estimado ou predito a partir de informações de campo (Sturion e Resende, 2010).

Na análise de *deviance* foi observado efeito significativo de progênies pelo teste de LRT, a 95% de probabilidade. A partir destes resultados, pode-se inferir que existem diferenças quanto à produção de biomassa comercial entre as progênies estudadas, com possibilidades de ganhos com a seleção.

A estimativa da variância ambiental (4,8912) foi de elevada magnitude, sendo quase cinco vezes superior à variância genética aditiva (1,0166). Assim, a maior parte da variância fenotípica (6,8749) foi explicada pela variância ambiental. Entretanto, como se trata de progênies de polinização aberta e análise em um único ambiente, observa-se que a variância ambiental está inflacionada pelas variâncias de dominância, epistática e interação genótipos por ambientes (Vencovsky e Barriga, 1992).

Um baixo valor de variância genética aditiva normalmente está associado à população de baixa variabilidade genética e/ou limitado tamanho amostral (Sturion e Resende, 2010); no presente estudo, pode ser também consequência do maior grau de melhoramento da maior parte das progênies avaliadas. Esse aspecto refletiu também na baixa magnitude da herdabilidade no sentido restrito (0,1479), sendo essa diferente de zero de acordo com intervalo de confiança ($\pm 0,0687$). A herdabilidade no sentido restrito é útil na seleção de árvores matrizes para coleta de sementes melhoradas, uma vez que considera apenas a variância genética aditiva, ou seja, aquela que é fixada pela seleção (Ramalho et al., 2021). O valor da herdabilidade na média de progênies (0,4950), conforme esperado, foi superior ao valor da herdabilidade no sentido restrito.

O teste de progênies estudado tem como finalidade a seleção de plantas genitoras para uso em futuros cruzamentos, com foco na obtenção de sementes melhoradas e avanço de geração, bem como também selecionar árvores elites candidatas à clonagem para compor futuros testes clonais a serem estabelecidos em ambientes contrastantes e recomendação futura de novas cultivares. Quando a finalidade for a seleção de genitores, as melhores árvores devem ser escolhidas com base nos seus valores genéticos aditivos ($u+a$) (Sturion e Resende, 2010). No caso do ranqueamento de candidatos a clones, a seleção das melhores árvores deve ser baseada no valor genotípico ($u+g$), para que haja maximização do ganho genético (Sturion e Resende, 2010).

A média melhorada das 10 melhores árvores (intensidade de seleção de 1%), quanto aos valores genéticos aditivos ($u+a = 6,2759$ a $8,2638$), proporcionou um ganho genético de 43,32% em relação à média da população original (Tabela 1). Já a média da população melhorada das 10 melhores árvores quanto aos valores genotípicos ($u+g = 6,7919$ a $10,2831$) proporcionará um ganho superior (65,34%), uma vez que toda variância genética é capitalizada na seleção de

clones. Os elevados valores de ganhos genéticos podem ser explicados também pela alta intensidade de seleção aplicada.

Tabela 1. Ranqueamentos das árvores superiores quanto ao caráter biomassa comercial (kg planta⁻¹) de *Ilex paraguariensis*, com base nos valores genéticos aditivos (u+a) e nos valores genotípicos (u+g).

Seleção de genitores com base nos valores genéticos aditivos (BLUPs)					
Classificação	Repetição	Progênie	Árvore	u+a	Geração de melhoramento
1	2	26	2	8,2638	2 ^a
2	6	41	2	8,1017	2 ^a
3	1	51	1	7,9903	2 ^a
4	5	22	3	7,6939	2 ^a
5	9	62	1	7,0586	1 ^a
6	7	41	1	6,8846	2 ^a
7	4	14	1	6,7622	3 ^a
8	1	41	3	6,4474	2 ^a
9	2	22	2	6,3649	2 ^a
10	1	22	1	6,2759	2 ^a
Seleção de clones com base nos valores genotípicos (BLUPs)					
Classificação	Repetição	Progênie	Árvore	u+g	Geração de melhoramento
1	2	26	2	10,2831	2 ^a
2	1	51	1	9,8141	2 ^a
3	6	41	2	9,665	2 ^a
4	5	22	3	8,8903	2 ^a
5	9	62	1	8,1191	1 ^a
6	4	14	1	7,762	3 ^a
7	7	41	1	7,6366	2 ^a
8	5	18	1	6,9529	2 ^a
9	1	41	3	6,9079	2 ^a
10	10	18	1	6,7919	2 ^a

Nota-se que dentre as 10 melhores árvores selecionadas com base nos BLUPs, oito delas são comuns, tanto na seleção com base no valor genético aditivo quanto no valor genotípico. Em ambos os casos, oito árvores são oriundas de segunda geração de melhoramento, uma de primeira geração e uma de terceira geração. Neste trabalho foram avaliados materiais genéticos de diferentes gerações de melhoramento de forma a melhor aproveitar o germoplasma. Entretanto, em experimentos futuros, será usado germoplasma de mesma geração em cada teste, de forma a maximizar os ganhos a serem obtidos com as sementes melhoradas.

Conclusão

O desempenho das progênies de erva-mate foi satisfatório e permite ganhos com a seleção de árvores superiores, seja de genitores para recombinação futura e, conseqüente avanço de geração, ou para clonagem. Os candidatos a clones serão avaliados em maior número de ambientes de forma a aferir seu mérito genético, com possibilidade de geração de futuras cultivares.

Agradecimento

Agradecemos à Embrapa Florestas pelo apoio logístico e ao produtor parceiro que possibilitou a realização do presente experimento. À CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudos.

Referências Bibliográficas

- BRACESCO, N. *Ilex paraguariensis* as a healthy food supplement for the future world. Biomedical Journal of Scientific & Technical Research, v. 16, n. 1, p. 15-18, 2019.
- BRACESCO, N.; SANCHEZ, A. G.; CONTRERAS, V.; MENINI, T.; GUGLIUCCI, A. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. Journal of Ethnopharmacology, v. 136, n. 3, p. 378-384, 2011.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2013, v. 1. 1039 p.
- COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; MARTINZ, D., T.; ROEL, A. R.; RODRIGUES, N. B.; CONTINI, A. Z. Parâmetros genéticos e seleção de procedências e progênes de erva-mate nativa no estado de Mato Grosso do Sul. Revista de Agricultura, v. 87, n. 3, p. 202 -211, 2012.
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20/07/2023.
- PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. R. Erva 20: Sistema de produção da erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A. de; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. de. Genética na Agropecuária. 6. ed. Lavras, MG: Editora UFLA, 2021. 508 p.
- RESENDE, M. D. V. de. SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.
- RESENDE, M. D. V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 16, p. 330-339, 2016.
- RESENDE, M. D. V de; STURION, J. A.; MENDES, S. Genética e Melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). Colombo, PR: EMBRAPA-CNPq, 1995. 33 p. (Documentos 25).
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F. D.; ALMEIDA, I. C. D.; SIMIQUELI, G. F.; NEVES, J. C. L.; REISSMANN, C. B. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. Ciência Florestal, v. 29, n. 3, p. 1199-1214, 2019.
- STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Melhoramento genético da erva-mate. Colombo: Embrapa Florestas, v. 1. 274 p. 2010.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.
- WENDLING, I. Melhoramento de erva-mate: perspectivas. Anais do Seminário Erva-mate XXI: modernização no cultivo e diversificação do uso da erva-mate. Curitiba, PR: Embrapa Florestas, 2016. (Documento 298)
- WENDLING, I.; STURION, J. A.; REIS, C. A. F.; STUEPP, C. A.; PEÑA PEÑA, M. L. Indirect and expedite assessment of *Ilex paraguariensis* commercial yield. Revista Cerne, v. 22, n. 3, p. 241-248, 2016.

Cal agrícola: Efecto en la producción de yerba mate y nutrientes del suelo

Rasche Alvarez, Jimmy Walter^{1,*}; Verdún Moren, Oscar Daniel²; Ferreira, Santiago²; Ferreira, Anahi²; Fatecha Fois, Diego Augusto¹

¹Profesor/Investigador. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, San Lorenzo, *jwrasche@agr.una.py

²Estudiante. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, San Lorenzo.

Resumen: La producción de yerba mate puede disminuir por el uso continuo del suelo, la constante acidificación y pérdidas de nutrientes, por ello surge la necesidad de implementar prácticas de manejo a fin de mantener y/o aumentar la productividad. Esta investigación tuvo como objetivo la evaluación del efecto de la aplicación de cal agrícola sobre el rendimiento de hojas de la yerba mate y nivel de nutrientes en el suelo por tres años. El experimento se desarrolló en San Alberto, Alto Paraná, en un cultivo de 4 hasta los 6 años de edad, en diseños de bloques completos al azar con 2 tratamientos (T1: 2000 kg ha⁻¹ de cal agrícola y T2: 0 kg ha⁻¹), ambos tratamientos con 20 repeticiones. Fueron determinados los rendimientos de la parte comercial, no comercial (varas con diámetro mayor 1 cm que no se comercializan) y total, niveles de pH, Ca, Mg y Al en el suelo de la camada 0-10 cm. Los resultados fueron sometidos al test de normalidad por el método de Shapiro Wilk y siendo normales se realizó el análisis de varianza con comparación de medias mediante el test de tukey al 5%. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en los tres años, en la producción comercial (Año 1: T1: 2.058 vs T2: 1.324 kg ha⁻¹; Año 2: T1: 2.719 vs T2: 1.805 kg ha⁻¹; Año 3: T1: 2.301 vs T2: 1.766 kg ha⁻¹; sumatoria: T1: 7.079 vs T2: 4.895 kg ha⁻¹), y no comercial rendimiento comercial (Año 1: T1: 238 vs T2: 173 kg ha⁻¹; Año 2: T1: 651 vs T2: 201 kg ha⁻¹; Año 3: T1: 270 vs T2: 263 kg ha⁻¹; sumatoria: T1: 1.158 vs T2: 637 kg ha⁻¹) y total (Año 1: T1: 2.296 vs T2: 1.497 kg ha⁻¹; Año 2: T1: 3.370 vs T2: 2.005 kg ha⁻¹; Año 3: T1: 2.571 vs T2: 2.029 kg ha⁻¹; sumatoria: T1: 8.237 vs T2: 5.532 kg ha⁻¹), y en la sumatoria de los 3 años. En cuanto a parámetros de suelo, con cal se obtuvo respuesta significativa con la aplicación de cal agrícola en pH (6,4 vs 5,3), Ca (1,73 vs 0,75 cmol_c kg⁻¹), Mg (0,89 vs 0,40 cmol_c kg⁻¹), y Al (0,0 vs 0,32 cmol_c kg⁻¹). Con la aplicación de cal agrícola en el cultivo de yerba mate hubo aumento la producción de la yerba mate y en los parámetros químicos del suelo.

Palabras clave: pH. Calcio. Encalado. Fertilización. Magnesio

Introducción

La yerba mate se encuentra distribuido en la parte sur-este del Paraguay, sur de Brasil y noreste de Argentina abarcando unos 540.000 km² (Bastos et al., 2014). Según el MAG (2010) la yerba mate es producido principalmente en pequeñas y medianas fincas agrícolas, ya que 8.454 fincas son menores a 50 ha. Actualmente según el censo 2022, existe alrededor de 38.724 hectáreas, aumentando en 20,419 ha frente al censo del 2008 (18.305 ha) (MAG, 2023) que se concentraban principalmente en los departamentos de Itapúa, Guairá y Alto Paraná. El rendimiento promedio estimado es de 5.085 kg por hectárea (IP, 2021).

Tradicionalmente se atribuye a que la yerba mate es rústica y poco responsiva a la fertilización, sin embargo, estudios demuestran que este cultivo presenta alta respuesta a la fertilización, por tanto, independientemente a la forma de cultivo, sea convencional u orgánica, es necesario fertilizar el suelo, debido a que la materia prima del yerbal, que está compuesta por hojas y ramas finas, extrae una cantidad considerable de nutrientes, los cuales necesitan ser repuestos

mediante fertilización periódica (Penteado y Gomes 2019). La respuesta a la fertilización depende de factores ambientales (Mazuchowski, 2004; Rossa, 2013; Caron et al., 2014) y de la variabilidad genética del cultivo de la yerba mate (Bastos et al., 2014; Oliva et al., 2014).

Benedetti et al (2009) evaluaron el efecto de la cal agrícola como suministro de Ca y Mg para el cultivo de yerba mate y concluyeron que el nivel de estos nutrientes aumentó con la aplicación de cal agrícola, alcanzando las mayores producciones de materia seca foliar, materia seca del tallo y materia seca total con dosis bajas de cal agrícola, también observaron aumentos en el rendimiento comercial, mientras que Santin et al (2013) y Santin et al (2014) observaron respuesta al encalado con el aumento de los niveles de Mg con dosis de cal agrícola iguales o superiores a $3,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, también pudieron observar el aumento de los niveles de Ca en las dosis mínimas de cal agrícola, mientras que en las dosis más altas se constataron síntomas de clorosis por la deficiencia de otros nutrientes o por el exceso de Ca.

Al contrario de los resultados de este trabajo, Reissmann y Carneiro (2004) no observaron diferencias significativas en cuanto al crecimiento y la productividad de la yerba mate posterior a 8 años de encalado.

En el Paraguay la mayor parte de los conocimientos relacionados a la fertilización sobre yerba mate se basa en observaciones empíricas y prácticamente no existen trabajos científicos que proporcionen informaciones sobre la dosis adecuada de nutrientes que se debe aplicar en yerba mate y mucho menos sobre la aplicación de cal agrícola y su posible influencia sobre el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, en este trabajo se busca empezar a responder sobre el efecto de la adición de cal agrícola sobre la producción de yerba mate.

El objetivo general del trabajo consistió en evaluar el efecto de la aplicación de cal agrícola sobre la producción de la yerba mate, así como sobre algunas propiedades químicas del suelo.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en San Alberto, Alto Paraná, en un suelo clasificado como Rhodic Paleudult, caracterizado por poseer fertilidad natural baja, de color rojo, profundo y con buena capacidad de retención de agua y nutrientes, esto por presentar horizonte argílico (López et al. 1995). Las condiciones iniciales del suelo se encuentran en la Tabla 1. El cultivo de yerba mate se implantó en el 2017 (en asociación con plantas de paraíso hasta año 2022). En el 2021, cuarto año de implantación del cultivo de yerba mate, se implantó el experimento de cal agrícola, que fue evaluado entre los 4 a 6 años de edad posteriormente se eliminó el paraíso quedando la yerba en monocultivo. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con 2 tratamientos T1: sin aplicación de cal agrícola; T2: con aplicación de cal agrícola 2 t.ha^{-1} y 20 repeticiones, totalizando 40 unidades experimentales de 49 m^2 .

Tabla 1. Características químicas inicial del suelo del área experimental antes de la implantación del experimento. San Alberto, Alto Paraná, 2020.

Prof.	M.O.	pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	Clase Textural
cm	%		mg kg ⁻¹ cmol _c kg ⁻¹					
0-20	1,20	5,3	10,40	0,59	0,43	0,06	0,00	0,12	Franco arcillo arenosa

Se realizó la cosecha de la yerba mate (parte comercial compuesta por hoja y tallos finos) y parte no comercial (tallos de más de 1 cm de diámetro) del año 1,2, 3 y sumatoria de los 3 años de cosecha. Para determinar el rendimiento comercial y no comercial se cosecharon las hojas y

ramas presentes en las plantas de cada unidad experimental y fueron pesadas con una balanza, los resultados obtenidos fueron expresados en kilogramos por hectárea.

Se colectaron de cada unidad experimental 5 sub-muestras aleatorias de suelo posterior al proceso cosecha del experimento a una profundidad de 0-10 cm, luego se mezcló las submuestras de suelo de cada unidad experimental y se guardó 200 g para llevar al laboratorio y se determinó los niveles de pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} y Al^{+3} en el suelo, cuyos resultados fueron expresados en mg kg^{-1} y $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ respectivamente, utilizando la metodología descrita por Tedesco et al (1995). Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos del Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, situada en el distrito de San Lorenzo, Departamento Central.

Los datos se sometieron al test de normalidad por el método de Shapiro Wilk, al ser normales se llevó a cabo el análisis de varianza y se compararon las medias con el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados y Discusión

El peso comercial, el peso no comercial y el peso total en los tres años de evaluación, así como en la sumatoria de los años, fue significativamente mayor cuando fue aplicado cal agrícola, que en los tratamientos donde no fue aplicado cal agrícola (Tabla 2). La cal agrícola, además de aumentar el pH del suelo y neutralizar el aluminio intercambiable, aumenta los niveles de Ca y Mg del suelo, la yerba es muy exigente en calcio (Santin et al., 2013).

Tabla 2. Promedio del peso comercial, no comercial y total de la yerba mate con y sin aplicación de cal agrícola (Año 1, 2 y 3). San Alberto, Alto Paraná, 2020/2023.

Tratamientos	Peso comercial	Peso no comercial	Peso total
 kg ha^{-1}		
Año 1			
T1 (Con cal agrícola 1000 kg ha^{-1})	2.058 a*	238 a	2.296 a
T2 (Sin cal agrícola 0 kg ha^{-1})	1.324 b	173 b	1.497 b
DMS (CV%)	391 (27)	61 (35)	445 (27)
Año 2			
T1 (Con cal agrícola 1000 kg ha^{-1})	2.719 a	651 a	3.370 a
T2 (Sin cal agrícola 0 kg ha^{-1})	1.805 b	201 b	2.005 b
DMS (CV%)	889 (46)	263 (72)	1138 (48)
Año 3			
T1 (Con cal agrícola 1000 kg ha^{-1})	2.301 a	270 a	2.571 a
T2 (Sin cal agrícola 0 kg ha^{-1})	1.766 b	263 a	2.029 b
DMS (CV%)	652 (37)	79 (35)	643 (32)
TOTAL			
T1 (Con cal agrícola 1000 kg ha^{-1})	7.079 a	1.158 a	8.237 a
T2 (Sin cal agrícola 0 kg ha^{-1})	4.895 b	637 b	5.532 b
DMS (CV%)	1358 (26)	285 (37)	1604 (27)

*Letras iguales no implican diferencias significativas según Tukey $p \geq 0,05$.

DMS: Diferencia media significativa **CV:** Coeficiente de evaluación.

La baja producción de la yerba evaluada en los tres años, así como la sumatoria de estos, se debe a que la yerba mate aun es joven y no llegó al pico de producción, además en el tercer año, hubo dos factores que afectaron la producción de la yerba mate, se eliminó el paraíso que se encontraba entre las hileras de yerba mate y a dos semanas de la cosecha hubo un fuerte ataque de ácaro bronceado que no fue controlado a tiempo de evitar daños al cultivo.

En relación con el análisis de suelo luego de la aplicación de cal agrícola, se observa que hubo aumento de todas las variables de suelo evaluadas (Tabla 3).

Tabla 3. Niveles de pH, Al, Ca y Mg en la camada de suelo de 0-10 cm al tercer año de evaluación de la aplicación de cal agrícola. San Alberto, Alto Paraná, 2020/2023.

Tratamientos	pHcmol _c kg ⁻¹		
		Al	Ca	Mg
T1 (Con cal agrícola 1000 kg ha ⁻¹)	6,4 a*	0,00 a	1,73 a	0,89 a
T2 (Sin cal agrícola 0 kg ha ⁻¹)	5,3 b	0,32 b	0,89 b	0,40 b

*Letras iguales no implican diferencias significativas según Tukey $p \geq 0,05$.

Conclusiones

La aplicación de cal agrícola permitió el aumento de la producción comercial, no comercial y total de la yerba mate en los tres años de evaluación, así como de los niveles de pH, Ca y Mg del suelo.

Agradecimiento

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción por la financiación de la investigación y al Sr. Egon Rasche y esposa por permitir el uso de su finca para realizar el experimento.

Referencias Bibliográficas

- BASTOS, MC.; REISSMANN, CB; KESEKER, JF; PAULETTI, V.; GAIAD, S.; STURION, JA. Contenido mineral de hojas tiernas de yerba mate. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.34, n.77, p. 63-71, 2014.
- BENEDETTI, E.; FERNANDES, J.; SANTIN, D.; BASTOS, M.; REISMANN, C.; DE BARROS, N.; WENDLING, I. Calagem como suprimento de Ca e Mg para erva-mate. Fortaleza, Brasil. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 32: O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios. 2009. Fecha de acceso: 23/06/2023. Disponible en <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/304907/1/SP3305.pdf>
- CARON, BO.; SANTOS, DRD.; SCHMIDT, D.; BASSO, C.J.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BAMBERG, R. Biomasa y acumulación de nutrientes en *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. *Ciência Florestal*, v. 24, p. 267–276. 2014.
- IP (Agencia de Información Paraguaya). La industria yerbatera en Paraguay: un rubro de exportación y de impacto local. 2021. Fecha de acceso: 22/06/2023. Disponible en <https://www.ip.gov.py/ip/la-industria-yerbatera-en-paraguay-un-rubro-de-exportacion-y-de-impacto-local/>
- LÓPEZ G, O. E; GONZÁLEZ E, PA; DE LLAMAS, A.; MOLINAS, E.; FRANCO, S.; GARCÍA, A.; RIOS, E. 1995. Estudio de Reconocimiento de Suelos, Capacidad de Uso de la Tierra y Propuesta de Ordenamiento Territorial Preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Asunción (1995). MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY) GeoPortal de resultados del Censo Agropecuario Nacional 2022. 2023. Fecha de acceso: 30/06/2023. Disponible en: <https://can2022.mag.gov.py/geoportal/mapas.html>
- MAZUCHOWSKI, JZ. Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hil. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, PR. 2004, 113 p.

- OLIVA, EV.; REISSMANN, CB.; GAIAD, S.; DE OLIVEIRA, EB.; STURION, JÁ. Composição nutricional de procedências y progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Cultivadas em latossolo vermelho distrófico. *Ciência Florestal*, v. 24, p. 793–805, 2014.
- PENTEADO, J.; GOMEZ, L. Erva 20: sistema de produção para erva mate (en línea). Brasília, DF, Brasil, Embrapa. 152 p. 2019. Fecha de acceso: 23/06/2023. Disponible en <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1106677/erva-20-sistema-de-producao-para-erva-mate>
- REISSMANN, C.; CARNEIRO, C. Crescimento e composição química de erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. Hil.), transcorridos oito anos de calagem floresta (en línea). *Revista Floresta* v. 34, n 3, p. 381-386, 2004. Fecha de acceso: 27/06/2023. Disponible en <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2424/2026>
- ROSSA, UB. (2013). Produtividade e compostos foliares de erva-mate sob efeitos de luminosidade e fertilização. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, PR. 2004, 108 p.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, EL.; KASEKER, JF.; BASTOS, MC.; REISSMANN, CB.; WENDLING, I.; DE BARROS, NF. (2013). Nutrição e crescimento da erva-mate submetida à calagem. *Ciência Florestal*, v. 23, p. 55 - 66, 2013.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E.; CARVALHO, I.; BARROS, N.; WENDLING, I. Calagem melhora a disponibilidade de cálcio no solo e a produtividade de *Ilex paraguariensis* st. Hil. EMBRAPA. 2014. Fecha de acceso: 26/06/2023. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104146/1/2014-AAC-Wendling-CalagemMelhora.pdf>
- TEDESCO, M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. Análise de solo, plantas e outros materiais (en línea). 2 ed. Porto Alegre, Brasil, Departamento de solos da UFRGS. 147 p. 1995. Fecha de acceso: 05/06/2023. Disponible en <https://es.scribd.com/document/362494561/Analise-de-solos-plantas-e-outros-materiais-Tedesco-et-al-1995-pdf>

Entomofauna asociada al cultivo de la yerba mate en un yerbal del norte del Alto Paraná

Cárdenas Bordon, Jimena Montserrat¹; Cabral Antúnez, Claudia Carolina²; Rasche Álvarez, Jimmy Walter³; Salinas González, Marilia Araceli⁴

¹Graduada Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, jimocardenas@gmail.com

²Orientadora y Docente Investigador con Dedicación Completa, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, claudia.cabral@agr.una.py

³Docente Investigador con Dedicación Completa, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, jwrasche@agr.una.py

⁴Docente Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, marilia.salinas@agr.una.py

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil), es una planta nativa, que constituye desde tiempos de los guaraníes un cultivo de importancia económica, social y cultural para el Paraguay. Es sabido que, en plantaciones nativas, la diversidad de las plantas permite la existencia de un complejo de enemigos naturales de plagas que mantienen a especies de insectos en bajos niveles poblacionales. Ante la ausencia de informaciones a nivel local sobre las plagas y enemigos naturales asociados a las plagas que afectan a este cultivo, este trabajo tuvo como objetivo identificar las especies de plagas existentes en plantas de yerba mate y sus enemigos naturales, estimar los índices faunísticos de plagas y enemigos naturales presentes en el cultivo. El experimento se realizó entre los meses de agosto del 2.021 a agosto del 2.022, en una finca situada en San Alberto, Alto Paraná. Las muestras fueron colectadas manualmente, separadas y colocadas en recipientes tubos tipo Falcon, etiquetados y trasladados al Laboratorio de Entomología del Área de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. La identificación fue realizada con ayuda de un estereoscopio, consultas con entomólogos especialistas y mediante claves taxonómicas. Los datos de los muestreos fueron registrados en una planilla. Fueron estimados los parámetros de dominancia, abundancia, frecuencia, constancia y el índice de Margalef (Diversidad y uniformidad). Los cálculos fueron realizados a través del programa informático de Análisis Faunístico (ANAFU). Durante el periodo de muestreo se obtuvieron 37 familias, distribuidas en siete órdenes (Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Diptera, Neuroptera, Orthoptera). Siendo la familia Psyllidae, correspondiente al llamado rulo de la yerba mate, *Gyropsylla spegazziniana*, la más frecuente. Otras familias con alta cantidad de individuos fueron Reduviidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Dolichopodidae, y Flatidae. De las cuales, las cuatro primeras son consideradas de gran importancia por sus beneficios como controladores naturales.

Palabras clave: Controladores biológicos. Insectos plagas. Muestreo. Identificación.

Introducción

El cultivo de la yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es un rubro de importancia ya que tiene gran influencia en la tradición y cultura paraguaya. Los primeros que lo han utilizado (hojas mascadas o en infusión) fueron los guaraníes y más tarde fue promocionado por los misioneros jesuitas. En plantaciones nativas, la diversidad de las plantas permite la existencia de un complejo de enemigos naturales que mantienen las especies de insectos en bajos niveles poblacionales. Sin embargo, en un ambiente de producción comercial existe mayor oferta de

alimento y así aparecen especies que antes no eran consideradas plagas, provocando daños incluso severos al cultivo (Schapovaloff, 2012).

Es necesario realizar observaciones periódicas considerando que, ante cualquier desequilibrio ecológico, estas especies pueden tener sus niveles poblacionales elevados y consecuentemente causar pérdidas significativas en la productividad de la yerba mate, caracterizándose entonces como plaga. Existen trabajos sobre levantamiento y bioecología de plagas donde han sido constatadas un gran número de especies presentes, sin embargo, pocas pueden ser consideradas plagas, entre ellas: *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Coleoptera: Cerambycidae); *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer y Trelles, 1919) (Hemiptera: Psyllidae); *Thelosia camina* (Schaus, 1920) (Lepidoptera: Eupterotidae); *Hylesia* sp. (Hübner, 1820) (Lepidoptera: Saturniidae); *Ceroplastes grandis* (Hempel, 1900) (Hemiptera: Coccidae); *Isomerida picticollis* (Bates, 1881) (Coleoptera: Cerambycidae); *Thelosia camina* (Schaus, 1920) (Lepidoptera: Eupterotidae) (EMBRAPA, 2000; Borges et al., 2003; Barzotto y Alves, 2017).

Considerando que se trata de una especie nativa, la yerba mate presenta una entomofauna asociada al cultivo bastante amplia. Si bien existen relatos sobre un gran número de insectos fitófagos alimentándose de diferentes partes de la planta, en nuestro país esta información es escasa, por lo tanto, se realizó el levantamiento de insectos plagas y sus enemigos naturales en el cultivo de la yerba mate en un yerbal de 20 ha en el distrito de San Alberto del Departamento de Alto Paraná.

Materiales y Métodos

El levantamiento de plagas y enemigos naturales fue realizado en una finca de producción de yerba mate, localizada en la compañía San Antonio, distrito de San Alberto, departamento de Alto Paraná, a 24°59'26.527''S y 55°3'54.428''W. El cultivo cuenta con seis años de edad y ha sido realizada una fertilización a base de NPK (60-40-60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O respectivamente). Mensualmente entre agosto de 2021 y agosto de 2022 fueron realizados levantamientos de la entomofauna presente en el cultivo de la yerba mate.

Las muestras fueron colectadas manualmente, separadas y colocadas en recipientes tubos tipo Falcon, etiquetados y trasladadas al laboratorio de Entomología del Área de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. En el laboratorio, los frascos de plástico fueron mantenidas en condiciones controladas de 25±5°C de temperatura, 70±10% de humedad relativa y 12 horas de fotofase. Los insectos fueron mantenidos en esas condiciones hasta su identificación. Los datos de los muestreos fueron registrados en una planilla. Para la identificación en el laboratorio se utilizó un estereoscopio y un estereomicroscopio, de la marca Labomed con aumento de 40x y Leica MZ8 con 50x respectivamente, y se realizó por comparación con insectos de la colección entomológica del Laboratorio de Entomología del Área de Protección Vegetal de la FCA-UNA, consultas con entomólogos especialistas y mediante claves taxonómicas.

Fueron estimados los parámetros de dominancia, abundancia, frecuencia, constancia y el índice de Margalef (Diversidad y uniformidad). Los cálculos fueron realizados a través del programa informático de Análisis faunístico (ANAFU) desarrollado en el Dpto. de Entomología y Acarología de la Escuela Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidad de San Pablo (Moraes et al., 2003).

Resultados y Discusión

Se identificaron 37 familias distribuidas en siete órdenes (Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Diptera, Neuroptera, Orthoptera). Siendo la familia Psyllidae, correspondiente al llamado rulo de la yerba mate, *Gyropsylla spegazziniana*, la más frecuente, estando presente

en nueve colectas (Tabla 1). Estos resultados concuerdan con Iede & Machado (1989); EMBRAPA (2000); Borges et al. (2003); Barzotto & Alves (2017) y Ohashi et al. (2018) quienes citan al rulo de la yerba mate como la especie clave del cultivo. Otras familias con alta cantidad de individuos fueron Reduviidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Dolichopodidae, y Flatidae.

Con relación a los insectos plagas, en la tabla 1 se observa que las familias Psyllidae y Flatidae del Orden Hemiptera fueron dominantes, muy abundantes, muy frecuentes y constantes en los levantamientos realizados. Con relación a la presencia de gran cantidad de individuos benéficos o enemigos naturales de plagas (Tabla 2) puede explicarse por el ambiente arborizado, siendo que estos ambientes son importantes pues ofrecen condiciones adecuadas para la presencia de gran número de enemigos naturales.

Tabla 1. Análisis faunístico de los órdenes y las familias de plagas recolectadas en el periodo de un año agosto 2021/2022 en plantas de yerba mate en una finca de San Alberto, Alto Paraná, Paraguay. FCA-UNA, 2022.

Orden	Familia	Nº Individuos	Nº Colectas	Dominancia	Abundancia	Frecuencia	Constante
Coleóptera	Chrysomelidae	6	4	D	c	F	Y
	Curculionidae	1	1	ND	r	PF	Z
	Scarabaeidae	2	2	ND	r	PF	Z
	Tenebrionidae	8	6	D	c	F	W
Diptera	Ulidiidae	10	6	D	c	F	W
Hemiptera	*Flatidae	15	6	D	ma	MF	W
	*Psyllidae	60	9	D	ma	MF	W
	Cicadellidae	3	3	ND	d	PF	Y
	Coccidae	2	2	ND	r	PF	Z
	Coreidae	8	3	D	c	F	Y
	Largidae	1	1	ND	r	PF	Z
	Lygaeidae	3	3	ND	d	PF	Y
	Miridae	11	4	D	a	MF	Y
	Pentatomidae	10	5	D	c	F	Y
	Himenóptera	Formicidae	1	1	ND	r	PF
Lepidóptera	Aretiidae	1	1	ND	r	PF	Z
	Erebidae	3	2	ND	d	PF	Z
	Gelechiidae	3	1	ND	d	PF	Z
	Geometridae	2	2	ND	r	PF	Z
	Noctuidae	1	1	ND	r	PF	Z
	Sphingidae	6	5	D	c	F	Y
	Orthoptera	Acrididae	1	1	ND	r	PF

D: dominante; ND: no dominante; ma: muy abundante; c: común; d: dispersa; r: rara; MF: muy frecuente; F: frecuente; PF: poco frecuente; W: constante; Y: accesoria; Z: accidental.

Tabla 2. Análisis faunístico de los órdenes y las familias de enemigos naturales recolectados en el periodo de un año agosto 2021/2022 en plantas de yerba mate en una finca de San Alberto, Alto Paraná, Paraguay. FCA-UNA, 2022.

Orden	Familia	Nº Individuos	Nº Colectas	Dominancia	Abundancia	Frecuencia	Constante
Coleóptera	*Coccinellidae	19	8	D	ma	MF	W
	Carabidae	2	2	ND	r	PF	Z
Diptera	Asilidae	4	2	ND	c	F	Z
	*Dolichopodidae	15	9	D	ma	MF	W
	Syrphidae	3	2	ND	d	PF	Z
	Tachinidae	11	7	D	a	MF	W
Hemiptera	Nabidae	1	1	ND	r	PF	Z
	*Reduviidae	22	9	D	ma	MF	W
Himenóptera	Apidae	3	2	ND	d	PF	Z
	Braconidae	3	3	ND	d	PF	Y
	Eumenidae	2	2	ND	r	PF	Z
Neuróptera	*Chrysopidae	12	8	D	ma	MF	W
	Hemerobiidae	1	1	ND	r	PF	Z

D: dominante; ND: no dominante; ma: muy abundante; c: común; d: dispersa; r: rara; MF: muy frecuente; F: frecuente; PF: poco frecuente; W: constante; Y: accesoria; Z: accidental.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, se han colectado e identificados siete órdenes y 37 familias. La familia Psyllidae y Flattidae del Orden Hemiptera con el representante *Gyropsylla spegazziniana* y *Flatormenis* sp., respectivamente son especies dominantes, abundantes, muy frecuentes y constantes. Entre los insectos benéficos encontrados en la colecta, la familia Coccinellidae es dominante, abundante, muy frecuente y constante.

Agradecimiento

Al dueño de la Finca Sr Egon Rasche por permitirnos hacer el estudio en su propiedad. A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción por apoyar y financiar parte de la tesis e investigación.

Referencias Bibliográficas

- BARZOTTO, I. y ALVES, L.F. 2013. Bioecología e manejo de *Gyropsylla spegazziniana* em erva-mate. Arq. Inst. Biol., v.80, n.4, p. 457-464, 2013
- BORGES, LR; LÁZZARI, SMN; LÁZZARI, FA. Comparação dos sistemas de cultivo nativo e adensado de erva mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil., quanto à ocorrência e flutuação populacional de insetos. Revista Brasileira de Entomologia, v. 47, p.563-568, 2003.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola). Manual de Identificação pragas e doenças da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). 23p., 2000.
- MORAES, R. C. B., HADDAD, M. L., SILVEIRA NETO, S., y REYES, A. E. L. Software para análise faunística. Simpósio de controle biológico, San Pedro, Brasil. 2003.
- PARRA, J., BOTELHO, P., CORRÊA-FERREIRA, B., BENTO, J. Controle biológico no Brasil: Predadores e Parasitoides. FEALQ, 2002.
- SCHAPOVALOFF, M.E. Diversidad y patogenicidad de especies de hongos en insectos plaga de la yerba mate *Ilex paraguayensis* en la provincia de Misiones. Tesis (Doctorado en Ciencias Naturales). Universidad Nacional de la Plata. Argentina 2012, 167 p.

Endófitos fúngicos biocontroladores y fitopatógenos presentes en yerba mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.) en el departamento de Itapúa, Paraguay

Resquín-Romero, Gloria Arminda^{1,*}; Sarubbi-Orué, Humberto¹; Ruíz Samudio, Fanny Petrona²; Armoa-Báez, María Soledad³; López; Miret-González, Tobias⁴; Peralta-Benegas, Derlis⁴; Samudio Oggero, Antonio⁵; Benítez Núñez, Juan Venancio⁵; Casal-Martínez, Cinthia⁵; Cano, Dilma⁶; Ojeda, Alberto⁶; López, Teresa⁷; Moral Moral, Juan⁷

¹Docentes Investigadores. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Carrera de Ingeniería Agronómica/Área Protección Vegetal, San Lorenzo,

*gloresqx@agr.una.py; humberto.sarubbi@agr.una.py

²Docente Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Dirección de Investigación, San Lorenzo, fruiz@agr.una.py

³Docente Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Carrera de Ingeniería Agronómica, San Lorenzo, soledad.armoa@agr.una.py

⁴Estudiantes/Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Carrera de Ingeniería Agronómica, Orientación Protección Vegetal, San Lorenzo, tobiasmiret02@gmail.com; derlispb@gmail.com

⁵Docentes Investigadores. Institución Asociada. Centro Multidisciplinario de Investigación Tecnológica CEMIT/Rectorado de la Universidad Nacional de Asunción, asamudio@rec.una.py; juanvenabe@gmail.com; ccasal@rec.una.py

⁶Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Institución Asociada. Técnico Especialista en Producción y Manejo de Yerba Mate, canodilma@gmail.com

⁷Investigadores. Dpto. Agronomía (UCOLIVO). "Ramon y Cajal". Universidad de Córdoba, España. Institución Asociada. ag2momoj@uco.es; garlopter@gmail.com

Resumen: Los hongos se identificaron con base a sus características micromorfológicas y moleculares, a partir de la región espaciadora interna transcrita, ITS por sus siglas en inglés (*Internal Transcribed Spacer*). Los aislados con mayor frecuencia fueron *Fusarium* y *Colletotrichum* obtenidas de tallos y hojas, respectivamente, presentes en todos los periodos de muestreo (2019 a 2022), representando el 50 % del total de hongos encontrados. También fueron aislados los géneros conocidos como controladores biológicos, como: *Cladosporium*, *Beauveria*, *Metarhizium* y *Trichoderma*, con el 10, 20, 30 y 40 %, respectivamente. La identidad de los géneros *Fusarium* y *Trichoderma* coinciden preliminarmente como *F. solani* (OR225859) y *T. harzianum* (OR225857) a partir del ITS. En este trabajo se identificó una amplia diversidad de géneros de hongos endofíticos cultivables que habitan la microbiota de las plantas de yerba mate y se encontraron varios aislados como potenciales inoculantes útiles para mejorar la producción de yerba mate.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Endófitos fúngicos. Plantas asintomáticas. Plantas con síntomas de enfermedades.

Introducción

La superficie cultivada de yerba mate en Paraguay ha aumentado considerablemente en los últimos 14 años, llegando a un 47,3 % según el último Censo Agropecuario Nacional (CAN, 2022) llegando a una superficie total de 38.724 ha en Paraguay. A nivel mundial, a la Argentina, se le considera como el principal productor de yerba mate con un 62 % de la producción total, seguido de Brasil (≈34%) y Paraguay (≈5%) (Lysiak, 2012). La producción e industrialización de yerba mate, en Paraguay, se emplea a más de 50.000 familias, generando un movimiento financiero anual de unos USD 120 millones (La Nación, 2023) y una producción de 40.000 t

año, de los cuales se exportan alrededor de 5 % (Última Hora, 2018). Al género *Ilex* se lo considera como la única planta cultivada para fines industriales, principalmente a la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) considerada su consumo como bebida fría (Terere) o infusión caliente (mate o cocido) hábitos típicos en Paraguay. La yerba mate se encuentra en bosques lluviosos en el suroeste de Paraguay, sur de Brasil y norte de Argentina (Gunther et al., 2008). A pesar de las condiciones favorables para su producción, la materia prima presenta una merma de rendimiento por hectárea entre 15 a 20%, en Paraguay (<https://www.lanacion.com.py/>, 2022) y no abastece la demanda del mercado local, debido a varios factores (socioeconómicos, mercados, productivos, factores climáticos severos como sequías, exceso de humedad por consecuencias de precipitaciones severas, plagas y enfermedades, entre otros) acaecidos en los últimos cinco años. Dentro de las principales limitaciones enfrentadas en estos últimos años en nuestro país, son: manejo y conservación de suelo y cultivo, necesidad de contar con genotipos de alta productividad y a la presencia de plagas y enfermedades provocados por fitopatógenos. En cuanto a la presencia de enfermedades, urge medidas de mitigación a los problemas, principalmente, por la presencia de bacterias fitopatógenas en hojas (*Pseudomonas syringae*) (Maciel et al. 2023) y hongos [*Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Phomopsis* sp. (*Diaporthe*), *Guignardia* sp. (*Phyllosticta* sp.)] (Pérez et al. 2016; Mezzomo et al. 2019), *Rhizoctonia* sp. *Pythium* sp., *Phytophthora* sp. Estos últimos, considerados enfermedad del mal de tela en yerba mate, causada por un complejo de hongos que produce secamientos de hojas, tallos y ramas en las plantaciones. Por otro lado, existen aquellos organismos silenciosos que habitan las células vegetales sin manifestar síntomas visibles como los endófitos fúngicos. Estos están estrechamente asociados con las plantas, beneficiándose de los carbohidratos y otros recursos que les proveen, a cambio de brindarles mecanismos de defensa contra organismos fitopatógenos y plagas (Rodríguez et al., 2009). La presente investigación forma parte de un Proyecto Institucional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Resolución 250-00-2022, lleva por título “Los hongos endófitos nativos asociados a cultivos anuales emergentes y perennes en Paraguay y sus potencialidades como bioinoculantes y bioefectores en protección vegetal”, uno de los objetivos propuestos fue identificar los endófitos fúngicos y potenciales fitopatógenos asociados a las plantas de yerba mate plantadas en el Departamento de Itapúa, Paraguay.

Materiales y Métodos

Colecta de material biológico

La yerba mate se encuentra ampliamente distribuida en el Departamento de Itapúa. Se colectaron muestras de hojas y tejidos de tallo maduros visiblemente sanos y con síntomas, en forma al azar de cinco plantas de yerba mate >10 años de producción. En total se diagnosticaron de 55 fincas con producción de yerba mate durante cuatro años (20019-2022), exceptuando 2020 por la restricción debido a la Pandemia de COVID-19. Cada finca fue geolocalizada utilizando GPS Garmin (Figura 1).

Cada muestra obtenida del campo fue pre-desinfectada superficialmente y trasladada en bolsas plásticas con cierre hermético y refrigerada hasta el laboratorio de fitopatología del Área de Protección Vegetal de la FCA, UNA.

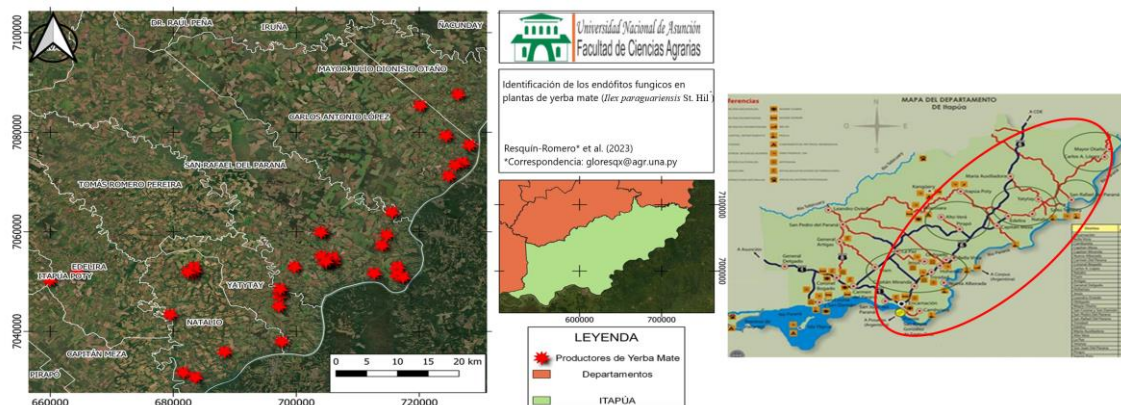


Figura 1. Ilustración de los puntos de muestreo de yerba mate. Departamento de Itapúa, Paraguay. Área de la cuenca del Río Paraná, Paraguay, 2022.

Aislamiento e identificación

Los endófitos fúngicos se aislaron de tejidos de hojas y tallos recolectados utilizando una desinfección superficial previa eliminación de contaminantes superficiales con agua corriente. Se extirparon trozos de hojas usando un bisturí estéril para aislar e inducir el crecimiento de los endófitos fúngicos, siguiendo el protocolo de Resquín-Romero et al. (2016). En el caso del tallo se procedió a un corte diametral (\emptyset) de 2 a 3 cm \emptyset . En este estudio se siguió el método modificado de Schulz (1993), donde los segmentos de hojas se esterilizaron superficialmente en etanol al 70 % durante 2 minutos e hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos. En el caso del tallo, se sumergió en etanol al 70 % por 2 minutos y luego fue quemado con fuego hasta acabar el contenido del alcohol sobre éste. Para la desinfección se utilizó el mismo proceso descrito anteriormente (Figura 2).

Siembra en placas: las muestras desinfectadas fueron colocadas sobre medio Agar Agar al 2% + oxitetraciclina (300 cc), + fungicida-bactericida de acción preventiva y curativa, dispensada la mezcla en placas Petri ($\emptyset = 9\text{cm}$) y almacenada en una incubadora a $T^a = 26 \pm 2^\circ\text{C}$, HR=70% por 10 a 12 días de oscuridad, luego, se registraron características macroscópicas como color de anverso y reverso de la colonia.

Identificación micromorfológica: se realizó la observación de diferentes estructuras bajo microscopio junto con la utilización de diferentes claves taxonómicas como las de Barnett & Hunter (1998) y Pitt & Hockings (2009). Los aislados se mantuvieron conservados en glicerol al 20 % en un refrigerador a -20°C hasta su uso. Finalmente, se proporciona una tabla que contiene información sobre los géneros de los hongos y su ubicación.

Identificación molecular: se realizó a partir de la región espaciadora interna transcrita, ITS; tanto los hongos endófitos biocontroladores y patógenos asociados a las plantas de yerba mate, en la Universidad de Córdoba, España y el CEMIT/Rectorado, UNA.

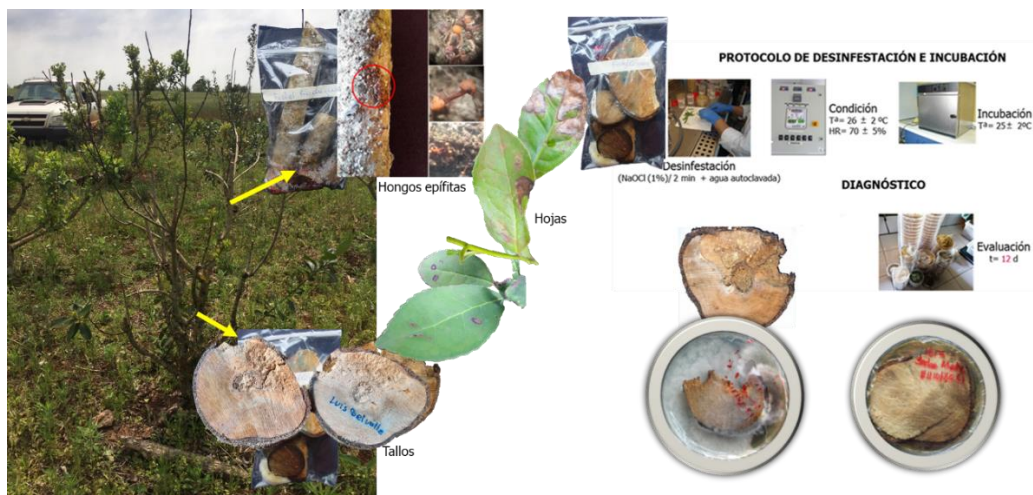


Figura 2. Proceso de extracción de muestras (tallo, hoja, raíz) con síntomas de enfermedades y el proceso de desinfección, diagnóstico y evaluación de las muestras.

Ensayos de patogenicidad in vivo

Se seleccionaron, al azar, tres aislados endofíticos de hojas (*Fusarium*, *Colletotrichum* y *Trichoderma*). Se utilizaron plantas de dos años de edad conteniendo entre 15 a 20 hojas, visiblemente sanas sin presencia de enfermedades. Las hojas se desinfectaron con algodón humedecidos con hipoclorito de sodio al 1 % por un minuto de acción sobre las hojas, luego cada hoja fue enjuagada con agua autoclavada estéril. Se dejaron secar y se colocaron en el haz sobre heridas practicadas con un bisturí estéril a ambos lados del nervio de la hoja en cuatro partes. Se colocó un disco (5 mm) con micelio de los aislados seleccionados (7 días) sobre cada herida (López et al., 2020). Mientras que, para aquellos aislados del tallo (*Fusarium*), se procedió realizando heridas en la parte de la base del tallo (5 a 10 cm del suelo). El control consistió en hojas desinfectadas con cortes sin agregado de discos de micelios. Cada planta se cubrió con un plástico humedecida con agua estéril durante 24 h, luego fueron retiradas y colocadas bajo condiciones de invernadero a $T^a= 28\pm 1^{\circ}C$, $HR=80\%$ por 20 días a 12h:12h (oscuridad: luz). Para este ensayo, se utilizó un diseño aleatorizado con tres tratamientos y 10 repeticiones, donde la unidad experimental fue la hoja y la variable de estudio fue síntomas ocasionado por el hongo en la hoja. El daño o síntoma se determinó utilizando una escala de severidad (Tabla 1) en comparación a lo observado en el control (aplicación del postulado de Koch). El reaislamiento de los hongos inoculados.

Tabla 1. Escala de severidad para *Fusarium* (tallo) (Marlatt, 1996) y *Colletotrichum* (hojas) (López et al., 2020).

Escala	Síntomas en tallo	Escala	Síntoma manchas en hojas
1	No presenta síntomas	0	0 a 5% de manchas en parte aérea
2	Clorosis leve de la planta	1	5 a 25% de manchas en la parte aérea
3	Clorosis moderada, achaparramiento de la planta	2	25 a 50% de manchas en la parte aérea
4	Clorosis severa, marchitez y achaparramiento	3	>50% de manchas en la parte aérea
5	Muerte de la planta		

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos para la identificación fueron analizados por porcentaje de muestras, mientras que el ensayo de patogenicidad fue analizado con ANOVA.

Resultados y Discusión

Desde 2019, se viene estudiando a 55 yerbateros de un total de 8.584 productores distribuidos en 10 distritos (Mayor Otaño, San Rafael del Paraná, Alborada, Carlos Antonio López, Edelira, María Auxiliadora, Yatytay, Natalio, Paloma, Capitán Meza) perteneciente al Dpto. Itapúa. Se recolectaron un total de 321 muestras entre raíces, tallos y hojas, de las cuales, se aislaron una diversidad de hongos y pseudohongos, 275 aislados totales, aislados de raíces (16), tallos (75) y aislados de hojas asintomáticos (14) considerados como endófitos fúngicos. De estos se identificaron cuatro géneros endófitos comúnmente considerados biocontroladores (Tabla 2; Figura 3) y una especie *T. harzianum* (OR225857).

Tabla 2. Porcentajes de aislados los endófitos fúngicos en hojas

Aislados de hongos endofíticos	Parte de la planta diagnosticada	Porcentaje de muestras (%)
<i>Beauveria</i> spp.	Hoja	20
<i>Metarhizium</i> spp.	Raíz	30
<i>Trichoderma</i> spp.	Tallo	40
<i>Cladosporium</i> spp.	Tallo	10
Aislados A1 a A20	Tallo	40
Aislado AN1	Tallo	10

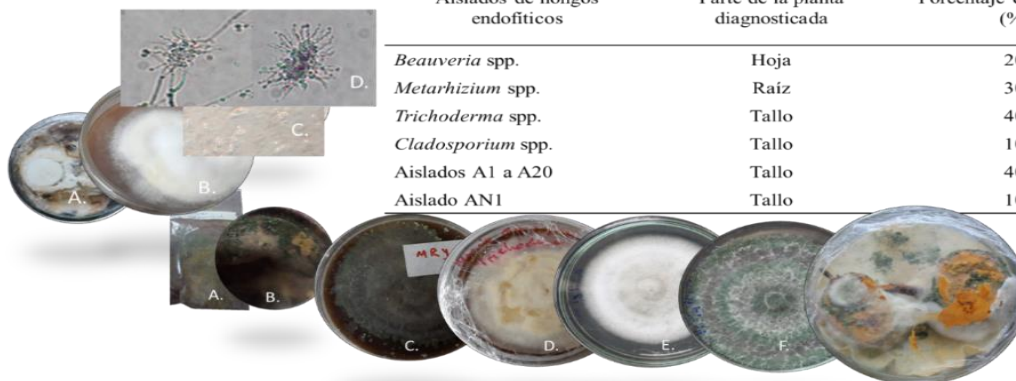


Figura 3. Macrografías y micrografías de los aislados: A) *Beauveria* spp. B) Tallo con crecimiento fúngico en cámara húmeda. C) Colonia fúngica. D) Estructuras distintivas de *Beauveria*, formación de raquis. A-G) Colonia de aislados.

El resto de los aislados (170) se obtuvieron de plantas con síntomas de enfermedades; llegando a identificarse siete géneros diferentes (Tabla 3; Figuras 4 y 5), un aislado identificado a nivel de especie *Fusarium solani* OR225859). Mientras que *F. solani* y *Colletotrichum* sp. presentaron síntomas en una escala de 4 y 2, respectivamente.

Tabla 3. Porcentajes de géneros de patógenos fúngicos diagnosticados en plantas de yerba mate, Itapúa, Paraguay, 2022.

Enfermedad	Parte de la planta afectada	Géneros de patógenos	Porcentaje de muestras diagnosticada (%)
Mancha negra	Hoja, tallito	<i>Cylindrocladium</i> sp.	30
Antracnosis	Hoja, tallito	<i>Colletotrichum</i> sp.	50
Mancha foliar	Hoja	<i>Cercospora</i> sp.	20
Marchitez	Raíz, tallo grueso	<i>Fusarium</i> sp.	50
Pudrición	Raíz, tallo grueso	<i>Rhizoctonia</i> sp.	10
Pudrición	Raíz, tallo grueso		
Cancro del tallo	Tallo grueso	<i>Botriosphaeria</i> sp.	20
Asilado	Tallo	¿?	60
A1,2,3,4,5,... 10			



Figura 4. Macrografía y micrografía A) *Fusarium* spp. B) Tallo con síntomas de pudrición. C) Crecimiento de la colonia sobre sustrato. D-G). Tallo sin crecimiento fúngico. C-G) Microconidios y Macroconidios de *Fusarium*.

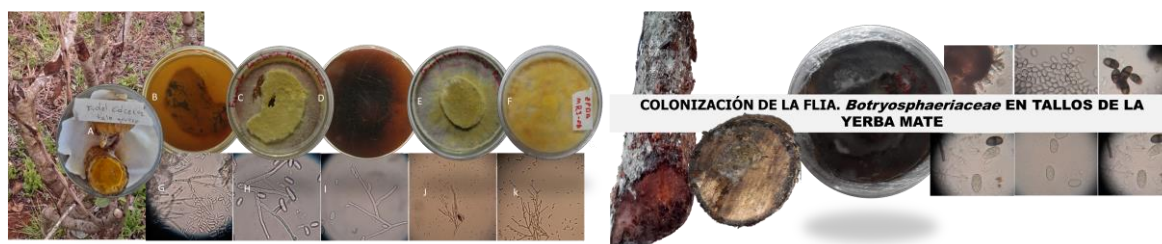


Figura 5. Macrografías de colonias de crecimiento fúngico y micrografías de aislados de Botryosphaeriales (Dothideomycetes). A-F) Colonias endófitas fúngicas obtenidas de plantas. G-K) Conidióforos y conidios fúngicos. A-C) Muestras de tallos y colonia fúngica. B-F). Estructura de *Lasiodiplodia* sp. en yerba mate. Fuente de clasificación taxonómica: <https://botryosphaeriales.org/>

La mayor diversidad de hongos se registró durante la temporada de otoño y la más baja en invierno tanto en muestras de hojas como de tallos en observaciones rutinarias, coincidiendo con los resultados obtenidos por Pérez et al. (2016).

Conclusión

Los hongos representaron el 50 % del total de aislados. Los más frecuentes fueron *Fusarium* y *Colletotrichum*. Se identificaron cuatro géneros endófitos fúngicos *Cladosporium* sp., *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., una especie *T. harzianum* (OR225857). Se identificaron siete géneros fúngicos *Cylindrocladium* sp., *Cercospora* sp., *Rhizocotonia* sp. *Botriosphaeria* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp. y una especie *Fusarium solani* OR225859). Estas dos últimas especies son patógenicas para la planta de yerba mate.

Referencias Bibliográficas

- BARNET, H.L. y HUNTER, B.B. Illustrated Genera of Imperfect Fungi, APS Press, Minnesota. 218 p.1998.
- BELL DK, WELLS HD, MARKHAM CR. 1982. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*. 72(4):379–382.
- DIARIO ÚLTIMA HORA. <https://www.ultimahora.com/paraguay>, 2018
- Gunther, D; Correa, M; Lysiak, E. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales, Ediciones INTA, Buenos Aires. pp.117. 2008. ISSN 1851-6955
- LA NACIÓN. <https://www.lanacion.com.py/negocios/2022/06/20/sector-yerbatero-apuesta-a-intensificar-exportaciones-en-mercados-ya-ganados/>
- LA NACIÓN. <https://www.lanacion.com.py/negocios/2023/05/24/establecen-precios-base-a-las-hojas-de-yerba-mate/>
- LÓPEZ, A.C; ALVARENGA, A.E.; ZAPATA, P.D.; LUNA, M.F.; VILLALBA, L.L. 2020. Aislamiento e identificación de hongos asociados a *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Revista de Ciencia y Tecnología*, versión On-line ISSN 1851-7587. RECyT / Año 22 / N° 33 / 2020.
- LYSIK E. 2012. Escenario del mercado de la yerba mate 2011. In: Bongiovanni R, Morandi J, Troilo L (eds) *Competitividad y calidad de los cultivos industriales: Caña de azúcar, mandioca, maní, tabaco, té y yerba mate*. Ediciones INTA, Córdoba, pp 198–205
- MACIEL, C.G; FIOR, C.S; CARDOZA, Y.F; VISNOVSKY, S.B; ALVES, K.R; DUARTE, V; LAZAROTTO, M. (2023). Bacterial leaf spot of *Ilex paraguariensis* caused by *Pseudomonas syringae*. *Revista de Fitopatología*. 2023; 00:1–2. <https://doi.org/10.1111/jph.13170>
- MARLATT, M.; CORRELL, J. AND KAUFMAN, P. 1996. Two genetically distinct populations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 in the United States. *Plant. Dis.* 80(12):1336-1342. Doi:10.1094/PD-80-1336.
- MIGUEL-FERRER L, ROMERO-ARENAS O, ANDRADE-HOYOS P, SÁNCHEZ-MORALES P, RIVERA-TAPIA JA, FERNÁNDEZ-PAVÍA SP. 2021. Antifungal activity of *Trichoderma harzianum* and *T. koningiopsis* against *Fusarium solani* in seed germination and vigor of Miahuateco chili seedlings. *Mexican Journal of Phytopathology* 39(2). DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2101-5>
- PÉREZ, M.L., COLLAVINO, M.M., SANSBERRO, P.A. ET AL. 2016. Diversity of endophytic fungal and bacterial communities in *Ilex paraguariensis* grown under field conditions. *World J Microbiol Biotechnol* 32, 61 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2016-5>
- PITT, J.I. Y HOCKING, A.D. *Fungi and food spoilage*, Springer, New York. 143 p. 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>.
- RESQUÍN-ROMERO, G; GARRIDO-JURADO, I; DELSO, C; RÍOS-MORENO, A; QUESADA-MORAGA, E. 2016. Transient endophytic colonizations of plants improve the outcome of foliar applications of mycoinsecticides against chewing insects, *Journal of Invertebrate Pathology*, 136, 2016, 23-31, <https://doi.org/10.1016/j.jip.2016.03.003>.
- RODRÍGUEZ, R, WHITE J, ARNOLD AE, REDMAN R. 2009. Fungal endophytes: Diversity and ecological roles. *New. Phytol.* 182: 314-330

Fonte de fósforo e procedência na fase inicial da cultura da erva-mate

Benedetti, Eliziane Luiza¹; Pereira Paes, João Paulo¹; Santin, Delmar²; Romanhuck, José Carlos³; Martins Dantas, Henrique³; Lucachinski, Francine³; Wendling, Ivar⁴; Pauletti, Volnei⁵

¹Professora/professor. Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC, Canoinhas. Av. Expedicionários, 2150, Canoinhas-SC, Brasil, eliziane.benedetti@ifsc.edu.br, joao.paes@ifsc.edu.br

²Consultor/Produtor – Autônomo. Rua Pedro dos Santos Corrêa, Canoinhas – SC, Brasil, desantinflorestal@yahoo.com.br

³Graduandos do curso de Bacharelado em Agronomia. Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC, Canoinhas. Av. Expedicionários, 2150, Canoinhas-SC, Brasil, jose.cr12@aluno.ifsc.edu.br, henrique.md@aluno.ifsc.edu.br, francine.11@aluno.ifsc.edu.br

⁴Pesquisadora/pesquisador. Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, Km 111, Colombo-PR, Brasil, marcia.toffani@embrapa.br, ivar.wendling@embrapa.br

⁵Professor. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Rua dos Funcionários, 1540 – Juvevê, Curitiba - PR, Brasil.

Resumo: Os plantios brasileiros de erva-mate, normalmente são efetuados com baixa tecnologia, onde é utilizado muda propagada por semente e com nutrição deficitária. O uso de muda clonal é uma forma de homogeneizar a matéria prima, que, juntamente com a nutrição, pode melhorar as atuais baixas produtividades de erva-mate. No que tange a nutrição com fósforo, o superfosfato triplo é uma das fontes minerais mais utilizadas. Fontes de fosfatos naturais, por apresentarem liberação mais lenta de P, pode ser uma alternativa interessante quando se trata de culturas perenes, como a erva-mate. O trabalho objetivou avaliar a produtividade da erva-mate de três procedências submetidas a diferentes fontes de fósforo. O experimento foi instalado em agosto de 2021 no espaçamento de 1,6 x 2,8 m, em Canoinhas – SC, Brasil. Testou-se duas fontes de fósforo, superfosfato triplo (SFT) e fosfato natural (FN) com uma testemunha sem fósforo (P0) e três procedências de erva-mate (Aupaba (AU), EC40 e semente (SE)). Sendo a propagação da AU e EC40, vegetativa e SE por semente. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 3 x 3. A unidade experimental foi composta por seis plantas úteis, com duas linhas de bordadura. Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. Após 1,5 anos do plantio efetuou-se a colheita. A fonte de P e a procedência atuaram significativamente, de forma independente (sem interação), nas variáveis analisadas. Independente da procedência, a produtividade de FO, GF e ECOM foi superior na erva-mate adubada com FN e, menor, quando não recebeu fósforo. Quanto ao fator procedência, a Aupaba foi superior ao EC40 e a SE na produtividade de todas os componentes avaliados. Conclui-se que a nutrição com fósforo na fase de plantio é necessária para o bom crescimento da erva-mate. A erva-mate em fase inicial de crescimento é mais produtiva quando nutrida com fosfato natural, sendo esta fonte de fósforo indicada para essa cultura. A procedência Aupaba é em média 56 % mais produtiva que a EC40 e semente, sendo esta, uma possibilidade para melhoria dos plantios futuros da região.

Palavras chave: Propagação vegetativa. *Ilex Paraguariensis*. Nutrição.

Introdução

Tradicionalmente no Brasil a cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) é conduzida com baixa tecnologia. Quanto a muda utilizada no plantio, mesmo que protocolos de técnicas de propagação vegetativa para a cultura já estejam estabelecidos (Wendling e Brondani, 2015), são raros os plantios clonais a campo. Isso reflete nos atuais plantios heterogêneos e com baixa

produtividade. Considerando que o mercado futuro de produtos derivados de erva-mate, requer matéria prima padronizada, plantios clonais com material genético de propriedades conhecidas serão prioritários para atender essa demanda.

Outro fator que atualmente impacta negativamente na produtividade da erva-mate é a desnutrição de ervais (Santin et al, 2015a; Goulart et al, 2022). Considerando que a folha é um dos órgãos da planta com maior teor nutricional, com sucessivas colheitas sem reposição dos nutrientes exportados, o resultado é a exaustão do solo (Santin et al, 2015a), conseqüentemente, culminando em baixas produtividades de erva-mate dos ervais brasileiros. Conforme IBGE (2023) a produtividade média brasileira de erva-mate em 2021 foi de 8,1 t ha⁻¹ a cada colheita. No entanto, trabalhos mostram produtividade superior a 23 t ha⁻¹ de erva-mate a cada colheita (Santin et al, 2017), indicando que há muito a ser feito a campo, principalmente quanto a nutrição de ervais e plantios com genética superior.

A erva-mate foi caracterizada nutricionalmente como baixa exigência em P (Reissmann et al., 1983). No entanto, resposta positiva de mudas a altas doses de P (Santin et al., 2013), sinaliza que cultivos em fase de produção poderiam também responder à adubação fosfatada. Essa hipótese foi confirmada por Santin et al. (2017) ao verificaram que a produtividade máxima em erval adulto ocorreu quando a disponibilidade de P nas camadas superficiais do solo se situava em nível muito alto.

O superfosfato triplo (SFT) é a fonte mineral de P comumente mais utilizada, contudo, esse fertilizante apresenta custo elevado devido ao processo de industrialização, além de que parte do fósforo está sujeito à fixação no solo, o que reduz a disponibilidade às plantas (Lima et al., 2007). O uso de fosfatos naturais é uma alternativa que pode substituir o SFT. A liberação gradual do fósforo proveniente do fosfato natural reativo é dependente da acidez do solo (Guedes et al., 2009), o que pode ser vantajoso para o cultivo da erva-mate a qual tolera solos ácidos.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade da erva-mate de três procedências submetidas a diferentes fontes de fósforo.

Materiais e Métodos

O experimento foi instalado em Canoinhas – SC, Brasil, localizado no Planalto Norte Catarinense (26°20'21”S e 50°35'45”W e altitude de 815 m), sob clima temperado (Cfb), com precipitação pluvial média anual entre 1600 a 1800 mm (IAPAR, 1994). No local havia gado e plantio de eucalipto em meio a esparsas árvores de espécies nativas, como imbuia, canela, araucária, cedro e guaçatunga. O solo era quimicamente de baixa fertilidade (Tabela 1) e aplicou-se 5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Após a retirada do eucalipto e aplicação do calcário realizou-se subsolagem cruzada a 0-30 cm de profundidade.

Tabela 1. Propriedades do solo do local do experimento antes do plantio.

P	K	Ca	Mg	Al	CTC _{pH7,0}	pH	MO	Argila
-- mg dm ⁻³ --		-----	cmol _c dm ⁻³ -----			H ₂ O	---- % ----	
3,8	92,00	0,70	0,60	7,10	18,79	3,70	2,30	32,00

O plantio foi realizado em agosto de 2021 no espaçamento de 1,6 x 2,8 m (2.232 plantas ha⁻¹). Testou-se duas fontes de fósforo (superfosfato triplo (SFT) com 42 % de P₂O₅ e fosfato natural (FN) com 29 % de P₂O₅) com uma testemunha sem fósforo (P0) e três procedências de erva-mate (Aupaba (AU)= cultivar proveniente de São Mateus do Sul – PR, EC40= clone oriundo de um experimento de procedências de Ivaí-PR e semente (SE)= mudas propagadas com semente de uma matriz nativa do local). As mudas da AU e EC40 foram propagadas por

minietaquia, sendo todas as mudas produzidas em tubete de 180 cm³. Quando as mudas apresentavam em média 20 cm de altura foram plantadas em covas com 30 x 30 cm. Com exceção da testemunha (P0), incorporou-se o fósforo (P) no solo revolvido na abertura da cova. A dose de P aplicado na cova foi de 22 g cova⁻¹ de P₂O₅. Em todos os tratamentos, em set/2021, fev/2022 e set/2022, aplicou-se 15 g planta⁻¹ de N (ureia) e 9 g planta⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Com exceção do P0, em fev/2022 e set/2022 aplicou-se 20 g planta⁻¹ de P₂O₅. A adubação pós plantio foi realizada superficialmente na projeção da copa, distante 20 cm do tronco, sem incorporar. No verão o cultivo foi mantido roçado e no inverno com cobertura de aveia.

Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial 3 x 3, com três fontes de aplicação de P e três procedências. Cada unidade experimental foi composta por seis plantas úteis, com duas linhas de bordadura. Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições.

Em fevereiro de 2023 realizou-se a primeira colheita da erva-mate, retirando-se aproximadamente 95 % da massa verde, sendo separada a erva-mate comercial (ECOM= folha+galho fino) do galho grosso e determinada a quantidade de massa da ECOM. Na colheita retirou-se uma amostra representativa por parcela de ECOM, onde foi separada em folha (FO) e galho fino (GF) e determinado o peso de ambas. A partir da relação FO/GF da amostra de ECOM foi possível calcular a produtividade de FO e GF. Os dados foram submetidos à Anova e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Resultados e Discussão

A fonte de P e a procedência atuaram significativamente, de forma independente (sem interação), nas variáveis analisadas. As diferentes fontes de fósforo influenciaram de forma significativa na produtividade de folhas (FO), galho fino (GF) e erva mate comercial (ECOM), sendo que as maiores médias (0,77; 0,38 e 1,16 t ha⁻¹, respectivamente) foram observadas nos tratamentos que receberam adubação com fosfato natural. Os tratamentos adubados com superfosfato triplo, apresentaram desempenho intermediário em termos de produtividade para as variáveis respostas. Ao analisar a influência de procedência, verifica-se que a Aupaba, apresentou as maiores médias de produtividade de 0,97 t ha⁻¹ para FO, 0,46 t ha⁻¹ para GF e 1,43 t ha⁻¹ para ECOM, diferendo dos da EC40 e semente (Figura 1).

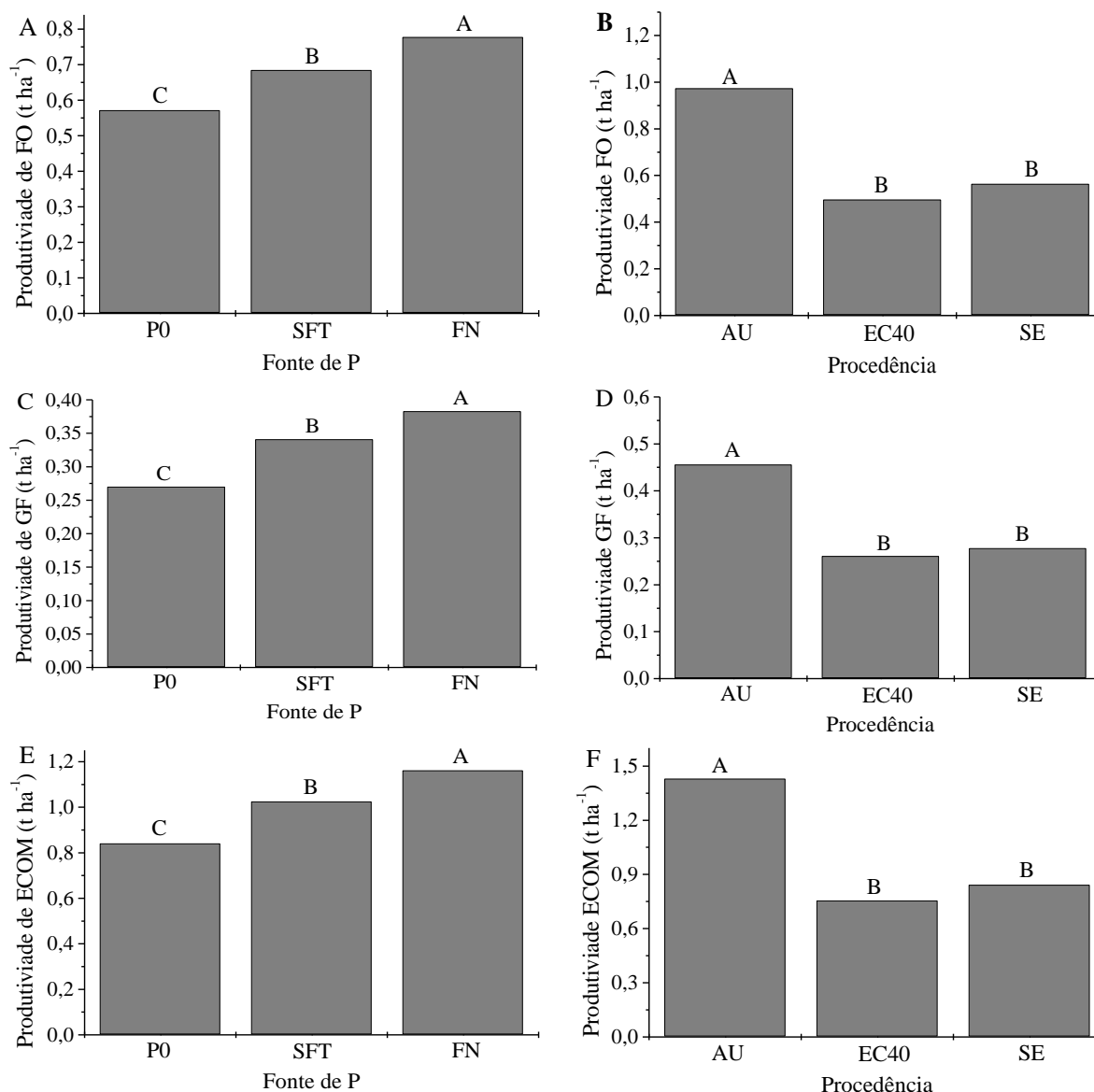


Figura 1. Produtividade de folha (FO) (A e B), galho fino (GF) (C e D) e erva-mate comercial (ECOM) (E e F) nas procedências Aupaba (AU), EC40 e semente (SE) nutridas com superfosfato triplo (SFT), fosfato natural (FN) e sem fósforo (P0). Médias seguidas por mesma letra maiúscula não difere estatisticamente entre fonte de P ou procedência ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A procedência mostra ser um fator relevante para melhoria da produtividade de ervais, visto a superioridade da Aupaba na produtividade de todos os componentes avaliados. Santin et al (2015b), já enfatizavam que a seleção de matrizes de diferentes procedências permite identificar características específicas relacionadas à produtividade e à qualidade da erva-mate. Para o local do estudo, considerando somente a primeira colheita, plantio com mudas clonais de EC40 ou por semente são pouco indicadas. Isso porque, na média essas duas procedências produziram 54, 59 e 56 % menos, respectivamente, GF, FO e ECOM que a Aupaba.

Quanto ao fator nutrição, os resultados demonstram dois resultados importantes, sendo um a necessidade da nutrição com fósforo no momento do plantio da muda a campo e, o segundo, o fosfato natural como ótima opção de fonte fosfatada na nutrição de ervais. A importância da

adubação fosfatada na fase jovem da cultura já havia sido relatada por Santin et al (2013), quando verificaram o maior crescimento com disponibilidade de P no solo em nível alto. A menor produtividade de FO, GF e ECOM na dose P0, independente se a muda do plantio foi propagada vegetativamente ou por semente, evidencia a importância do P incorporado ao solo da cova no plantio.

A superioridade da produtividade de todos os componentes avaliados (Figura 1, A, C e E) para a erva-mate adubada com FN (13 %), abre caminho para uma fonte fosfatada pouco comum atualmente nas revendas de adubos. Os fosfatos naturais apresentam uma liberação mais lenta que os solúveis (caso do SFT), sendo sua eficiência muito dependente da acidez do solo (GUEDES et al., 2009). O solo do local do experimento é bastante ácido (Tabela 1), o que pode ter contribuído significativamente para a disponibilidade do P para as plantas de erva-mate. Se por um lado a alta acidez do solo pode ter favorecido a solubilização do FN, por outro, pode ter dificultado a disponibilidade do SFT. Quando o cultivo é estabelecido em solos mais intemperizados, o baixo pH e a elevada disponibilidade de Al^{3+} e Fe podem proporcionar uma elevada capacidade de adsorção de P nos solos (Vilar et al., 2010), o que pode ter influenciado a menor produtividade da erva-mate quando adubada com SFT. Mas essas hipóteses devem ser investigadas com análise da disponibilidade de P no solo adubado com as diferentes fontes de P.

Conclusões

A nutrição com fósforo na fase de plantio é necessária para o bom crescimento da erva-mate. A erva-mate em fase inicial de crescimento é mais produtiva quando nutrida com fosfato natural, sendo esta fonte de fósforo indicada para essa cultura. A procedência Aupaba é em média 56 % mais produtiva que a EC40 e semente, sendo esta, uma possibilidade para melhoria dos plantios futuros da região.

Agradecimento

Ao IFSC por meio do Edital 02/2023/PROPI Edital Universal de Pesquisa que disponibilizou bolsa e recursos para a realização desse estudo.

Referências Bibliográficas

- IBGE. Produção Agrícola Municipal 2021. IBGE, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>>. Acesso em: 21 de julho de 2023.
- GUEDES, E. M. et al. Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizantha* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. Revista de Ciências Agrárias v. 52, p.117-129, 2009.
- GOULART, I. C. G. R.; SANTIN, D.; BRASILEIRO, B. P. Fatores que afetam a produtividade na cultura da erva-mate. Ciência Florestal, v. 32, p. 1345-1367, 2022.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina. IAPAR, 1994. 49p.
- LIMA, S. DE O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, p.100-105, 2007.
- REISSMANN, C. B.; ROCHA, H. O; KOEHLER, C. W.; CALDAS, R. L. S.; HILDEBRAND, E. E. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) sobre Cambissolo na região de Mandirituba - PR. Revista Floresta, 14:49-54, 1983.

- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F.; FONTES, L. L.; ALMEIDA, I. C.; NEVES, J. C. L.; WENDLING, I. Manejo de colheita e adubação fosfatada na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em fase de produção. *Ciência Florestal*, v. 27, p. 783-797, 2017.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BASTOS, M. C.; KASEKER, J. F.; REISSMANN, C. B.; BRONDANI, G. E.; BARROS, N. F. Crescimento e nutrição de erva-mate influenciados pela adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. *Ciência Florestal*, v. 23, p. 363-375, 2013.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; REISSMANN, C. B. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015a, p. 99-195.
- SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; MORANDI, D.; DOMINGOS, D. M. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. *Ciência Florestal*, v. 25, p. 571-579, 2015b.
- VILAR, C. C.; COSTA, A. C. S.; HOEPERS, A.; SOUZA JUNIOR, I. G. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 4, p. 1059-1068, 2010.
- WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Propagação de mudas de erva-mate. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p. 11-98.

Estudio del efecto de diferentes técnicas de poda de rebaje en plantaciones de *Ilex paraguariensis* en la provincia de Misiones Argentina

Kurtz, V. D.¹; Chifarelli, D. H.²; Gruber, L. M.³; Korth, S. M.⁴

¹Consultor privado. Eldorado, Misiones, Argentina, valentin.kurtz0304@gmail.com

²AER Eldorado, EEA Montecarlo, Centro Regional INTA Misiones y Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Eldorado, Misiones, Argentina, chifarelli.diego@inta.gob.ar

³Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones y asesora privada. Eldorado, Misiones, Argentina, lorenamgruber@gmail.com

⁴Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Eldorado, Misiones, Argentina, silvia.korth@fcf.unam.edu.ar

Resumen: La provincia de Misiones concentra el 87% de la producción de yerba mate cultivada en Argentina. Un importante número de hectáreas de este cultivo presentan un bajo rendimiento debido a su edad avanzada, sumado a un manejo inadecuado de las plantas, que las deja expuestas a las condiciones climáticas extremas provocando mermas en los rendimientos y daño en la estructura de las copas. Ante esta situación, se instaló un ensayo con el objetivo de evaluar el efecto de 4 técnicas de rebaje para recuperar la estructura de la copa de los yerbales. El mismo se realizó en el año 1996 en dos plantaciones de 16 años de edad y densidades de 1.676 y 1704 pl/ha respectivamente, ubicadas en el departamento de Montecarlo y Eldorado; y en dos plantaciones de 25 años, con densidades de 944 y 835 pl/ha implantadas en el Departamento de Iguazú y Eldorado. El diseño estadístico fue el de bloques completos al azar. Los tratamientos de rebaje aplicados fueron: T0- Poda de rebaje entre 70 y 80 cm del suelo en una única oportunidad; T1- Poda de rebaje sistemática selectiva entre 10 a 20 cm del suelo, en dos oportunidades; T2- Poda sistemática selectiva entre 40 a 70 cm el suelo, en dos oportunidades; T3- Poda de rebaje a 20 cm del suelo, en una sola oportunidad. Al evaluar cómo los tratamientos impactaron sobre la mortandad de plantas, se pudo detectar que el T3 fue el que mayor porcentaje presentó, seguido por el T0, ambos tratamientos con la técnica de poda en una sola oportunidad, sistema que está tradicionalmente más difundido entre los productores de Misiones. En el T1 y T2, que fueron realizados en dos oportunidades, se redujo significativamente el porcentaje de mortandad, registrándose el menor valor en el T2. Respecto del rendimiento por hectárea se determinó que los tratamientos T2 y T1 produjeron valores significativamente mayores que los T0 y T3.

Palabras clave: yerba mate, manejo de planta, técnicas de rebaje.

Introducción

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) es un cultivo endémico de la ecorregión de la Selva Paranaense. Su producción se concentra en el suroeste del Paraguay, los estados sureños del Brasil y en el noreste de Argentina, con 7,5%, 35,9% y 56,7% de la producción mundial, respectivamente (INYM, 2022).

De acuerdo con los datos publicados por el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM), en la Argentina se producen aproximadamente 829.237 toneladas de hoja verde (INYM, 2022). El desarrollo histórico de la producción está muy ligado a la relación precio-producción, implicando periodos de sobreofertas y déficit de materia prima en ciclos de aproximadamente 30 años. En el noreste argentino (provincia de Misiones y Corrientes) se registran 10.811 productores (Secretaría de Política Económica, 2018). En total suman 209.276 has, de las cuales 87% se concentran en la Provincia de Misiones y 13% en la Provincia de Corrientes. El

promedio de hoja verde es de 3.960 kg/ha. (INYM, 2022). La figura 1 muestra la distribución relativa de distintos tipos de productores caracterizados por el número de hectáreas que posee, observando que aquellos de menos de 10 ha representan el 62% de los productores del sector, aportando el 26% de la producción de hoja verde. En el otro extremo, se encuentran productores de más de 100 ha que representan el 2% de los productores y aportan el 28% de la producción de hoja verde (Secretaría de Política Económica, 2018).

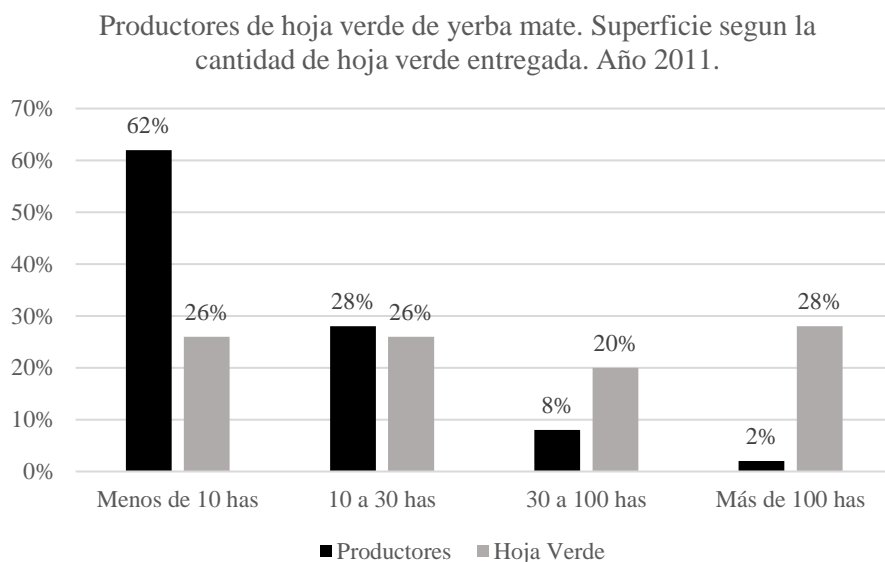


Figura 1. Productores de hoja verde de yerba mate. Superficie según la cantidad de hoja verde entregada. Fuente: Secretaría de Política Económica, 2018.

El inicio productivo del yerbal se produce con las primeras podas de formación, a partir del 3° año de implantación, alcanzando su máximo rendimiento entre el 7° y 8° año. Con posterioridad, las variaciones en su rendimiento son debidas a causas climáticas o culturales. El período productivo abarca entre 30 y 35 años, existiendo yerbales de mayor edad con rendimientos satisfactorios.

El manejo de la planta durante la cosecha es una de las técnicas culturales más importantes para definir la duración productiva y el rendimiento del yerbal (De Bernardi y Prat Kricun, 2001). Se observa que manejos inadecuados de la planta, como son las cosechas tradicionales, producen disminución de los rendimientos entre los 12 a 15 años de edad. Estos manejos generan como principales problemas (i) exceso de altura que dificulta las tareas de cosecha, (ii) exceso de relación tronco-rama productiva, (iii) estructura de la planta (ramas primarias y secundarias) con daños físicos por condiciones climáticas (golpe de calor, heladas, granizo, etc.), y (iv) daños provocados por prácticas de cosecha inadecuadas (épocas no propicias para la cosecha, corte de ramas verdes, alargues o aumentos reducidos, etc.).

Para solucionar los problemas provocados por las prácticas de manejo inadecuado o fenómenos climáticos adversos, los productores recurren a las podas de rebaje. Con esta técnica se busca cambiar la estructura de la copa envejecida, deteriorada y/o en exceso de altura, por una nueva copa renovada. Las prácticas de poda de rebaje más difundidas entre productores se realizan con métodos tradicionales, realizando en una sola oportunidad el corte a 70 u 80 cm del suelo y, en menor medida, a 20 o 30 cm del suelo. Las mismas generan elevados porcentajes de mortandad de plantas. Esto se agrava en la medida que no se realiza previamente una preparación de la planta y del suelo para la poda, como ser el control de malezas, fertilización, selección de brotaciones en la base de la planta, etc. A su vez, este sistema de rebaje en una sola

oportunidad provoca la interrupción de la cosecha por uno o varios ciclos productivos (Christin, 1988; Burtnik 1996; Mayol, 1997, Kurtz 1997, Tkatchuk, 1998).

Como consecuencia de estos problemas, se genera la disminución paulatina de los rendimientos de la producción. No obstante, este bajo rendimiento no se relaciona solamente a problemas estructurales de la planta, sino a otros condicionantes como la calidad y el manejo del suelo, la densidad de las plantaciones, los problemas sanitarios, etc. Prat Kricun y Belingheri (2003) plantean datos similares, destacando a los problemas de cosecha y poda inadecuada como los principales condicionantes para los bajos rendimientos.

Los problemas de disminución de la productividad por manejo inadecuado se observan, mayormente, a partir de los 12 a 15 años de edad. En base a lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue analizar el porcentaje de mortandad y la producción en cuatro tratamientos de poda de rebaje, en yerbales de 16 y 25 años de edad. Para ello, se realizó un estudio comparativo de técnicas de poda de rebaje en una sola oportunidad y sistemática (en dos intervenciones) en plantaciones ubicadas en campos de productores agropecuarios.

Materiales y métodos

Los tratamientos de poda de rebaje se iniciaron en junio de 1996, en los cuatro sitios mencionados. La tabla 1 describe las características de los sitios de muestreo.

Tabla 1. Ubicación y características de las plantaciones de los Sitios evaluados.

Sitio	Ubicación	Densidad original de plantación (pl/ha)	Marco de plantación	Edad al inicio del ensayo	Densidad al inicio del ensayo (pl/ha)	Rendimientos promedio al inicio del ensayo (kg h.v/ha)
1	Montecarlo, Dpto. Montecarlo	1.904	3,5 x 1,5	16 años	1.676	7.010
2	Colonia Delicia Mado, Dpto. Eldorado	1.904	3,5 x 1,5	16 años	1.704	8.350
3	Puerto Esperanza, Puerto Iguazú	1.250	4 x 2	25 años	944	5.250
4	Colonia Delicia Mado, Dpto. Eldorado	1.143	3,5 x 2,5	25 años	835	4.850

Labores culturales: los tratamientos de control de malezas consistieron en la aplicación de herbicidas sobre los líneas, con dos pasadas de rastra de disco superficial entre líneas (melga), con apoyo de carpidas selectivas, macheteo, etc.

Tratamientos de poda de rebaje:

- T0: Poda de rebaje entre 70 y 80 cm del suelo en una única oportunidad (testigo).
- T1: Poda de rebaje sistemático, entre 10 y 20 cm del suelo en 2 oportunidades (50% de los tallos primarios al año 0 y el remanente al año 1).
- T2 Poda de rebaje sistemático selectivo, entre 40 y 70 cm del suelo en 2 oportunidades.
- T3 Poda de rebaje a 20 cm del suelo, en una sola oportunidad.

Los rebajes fueron efectuados con motosierras y serruchos. Aproximadamente el 80% de las plantas del sitio 1 y 2 superaban los 2 m de altura de corte de cosecha y aproximadamente el 95% de las plantas de los sitios 3 y 4 superaban los 2 m de altura de corte de cosecha. En todos los sitios casi la totalidad de las plantas presentaban tallos primarios múltiples, y solo un pequeño porcentaje tenía tallo único hasta aproximadamente los 50 cm del suelo a partir de donde se ramificaba (en este caso para el tratamiento T1 se realizaba un anillado con motosierras a mitad del tronco para incentivar la brotación en el año cero.)

Respecto del diseño experimental se instaló un ensayo en bloques completos al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones, en cada uno de los sitios bajo estudio. Cada repetición (parcela experimental) estaba constituida por 40 plantas.

La evaluación de la mortandad de los tratamientos se realizó al 3° año del inicio del ensayo. Al 5° año se realizó la evaluación de rendimiento por tratamiento. Se cuantificó el número de plantas muertas por parcela y el rendimiento promedio para cada una. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de variancia y la realización de comparación de medias a través de la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5% para los distintos tratamientos, considerando como variables dependientes a la mortandad y la producción.

Resultados y discusión

En primer lugar, se analizó la mortandad de plantas para cada uno de los sitios con respecto a los cuatro tratamientos. La figura 2 muestra el comportamiento de esta variable.

El análisis de variancia indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos de rebaje respecto de la mortandad de plantas luego de los 3 años de instalado el ensayo.

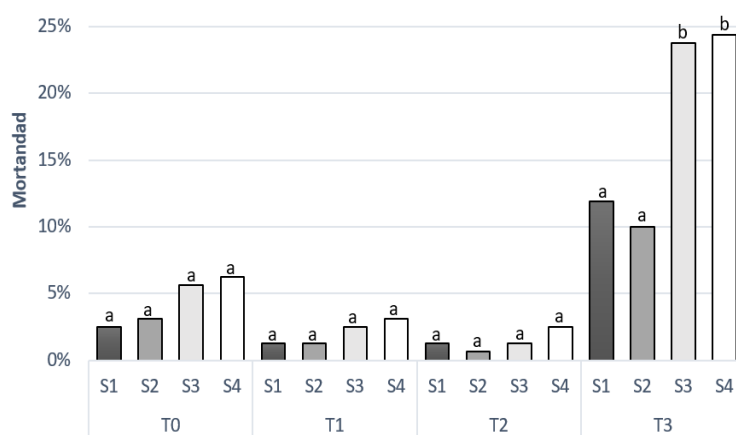


Figura 2. Comparación de porcentajes de mortandad por tratamientos para los cuatro sitios.

Existe heterogeneidad estadística entre los 4 tratamientos de rebaje tanto para los yerbales de 16 años (figura 3 a) como para los de 25 años (figura 3 b), como así también para cada uno de los sitios evaluados individualmente. El tratamiento T3 es el que genera una mayor mortandad en todas las plantaciones, siendo esta más importante en las plantaciones de 25 años (24,1 % promedio entre Sitio 3 y 4) que en las de 16 años (11,5% promedio entre Sitio 1 y 2). Sin embargo, no se evidencian diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T0, T1 y T2. Numéricamente es el tratamiento T2 el que menor mortandad genera en ambas plantaciones, seguido por T1 y finalmente T0.

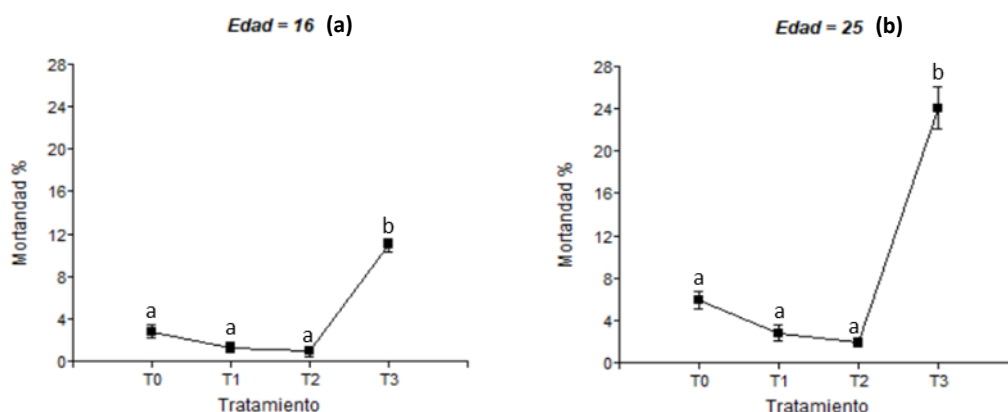


Figura 3. Mortandad promedio de los dos sitios de 16 años (a) y los sitios de 25 años (b) para los de los 4 tratamientos realizados. Gráficos de medias con los bigotes indicando \pm un error estándar (EE).

Respecto a las técnicas de rebajes realizadas en una sola oportunidad el T0 manifestó un menor porcentaje de mortandad de planta que el T3, pero la brotación se produce sobre tallos longevos. El T3 permitió renovar completamente la estructura, con la consecuencia de mortandad significativa. En el T0 y T3 la cosecha se interrumpió hasta el 2º año, donde se iniciaron las prácticas de manejo de planta, normalizándose la actividad de cosecha en el 3º año. En el caso de los rebajes sistemáticos no hubo diferencias significativas entre ambos tratamientos (T1 y T2); en cuanto a la cosecha, esta no fue interrumpida debido a que la poda parcial de los tallos primarios permitió generar un porcentaje de producción.

En la figura 4 se pueden observar los resultados de producción obtenidos para cada tratamiento en cada uno de los sitios, donde se pudo comprobar que existen diferencias significativas en la producción de hoja verde de yerba mate en los 4 sitios. Las menores producciones se produjeron en los sitios 4 y 3, y las mayores en los sitios 2 y 1, indicando que los yerbales de 25 años tienen menor rendimiento respecto de los más juveniles de 16 años.

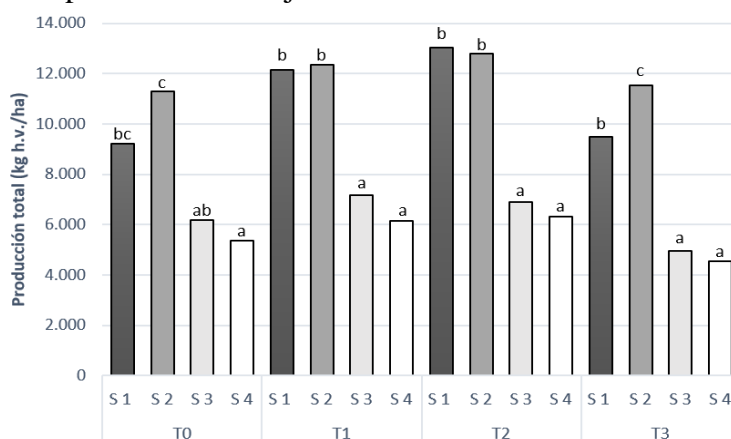


Figura 4. Producción Total por tratamientos para los cuatro sitios.

En cuanto al rendimiento total promedio de hoja verde, se puede observar en la tabla 2 que tanto en el Sitio 1 como en el 4, los tratamientos resultaron diferentes estadísticamente. En el Sitio 1 se verificó que los T1 y T2 generaron una mayor producción en kg de hoja verde por unidad de superficie. A su vez en el Sitio 4 se generaron producciones diferenciales también,

encontrándose que los tratamientos T1 y T2 produjeron un mayor rendimiento seguidos por el T0 y finalmente por el T3 sin diferir estadísticamente entre sí.

Tabla 2. Evaluación de producción según el tratamiento por cada sitio.

Sitio	Edad años	Tratamiento	Mortandad %	Sobrevivencia Plantas ha ⁻¹	Producción individual kg h. v. pl ⁻¹	Producción total kg h. v. ha ⁻¹	Diferencial de producción ¹ %
1	16	T0	2,50a	1.634	5,65a	9.232,1a	31,69
		T1	1,25a	1.675	7,48b	12.529,0b	78,73
		T2	1,25a	1.655	7,90b	13.074,5b	86,73
		T3	12,50a	1.467	5,95a	8.728,6a	24,51
2	16	T0	3,12a	1.651	6,80a	11.226,8a	34,45
		T1	1,25a	1.683	7,35a	12.370,0a	48,14
		T2	0,62a	1.694	7,55a	12.789,7a	53,17
		T3	10,62a	1.523	7,05a	10.737,0a	28,58
3	25	T0	5,62a	893	6,20a	5.536a	5,44
		T1	2,50a	920	7,80b	7.176a	37,00
		T2	1,25a	932	7,42ab	6.915a	31,71
		T3	23,75b	720	6,86ab	4.939a	-5,92
4	25	T0	6,25a	783	6,85a	5.363ab	10,57
		T1	3,12a	809	7,60a	6.148b	26,76
		T2	1,87a	819	7,80a	6.388b	31,71
		T3	24,37a	733	7,15a	5.240a	8,04

¹Diferencia de rendimiento considerando como punto de referencia el comienzo del tratamiento (5 años)

En la figura 5 se muestra el rendimiento total promedio de hoja verde por tratamiento de poda de rebaje para las plantaciones de 16 y 25 años. A nivel general, las mayores producciones se produjeron bajo la aplicación de lo T2 y T1 con producciones promedio (para ambas edades) de 9.766,3 y 9.456,5 kg h.v. ha⁻¹ respectivamente, para ambas edades. En el caso de T0 y T3 la producción promedio para ambas edades fue de 8.017,5 y 7.624,9 respectivamente.

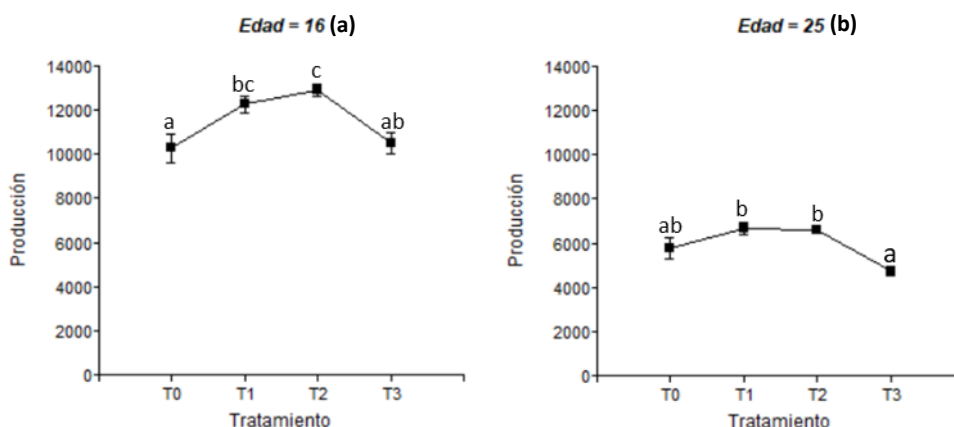


Figura 5. Rendimiento total de hoja verde (kg h.v. ha⁻¹) por tratamiento de poda de rebaje para los dos sitios de 16 años (a) y los dos sitios de 25 años (b). Gráficos de medias con los bigotes indicando \pm EE.

Discusión

Los tratamientos con poda sistemática de rebaje (T1 y T2) y en una sola oportunidad (T0) a 80 cm del suelo han tenido un porcentaje de mortandad menor que el tratamiento con poda en una sola oportunidad a 20 cm del suelo (T3). No obstante, debemos considerar, que en el caso del

T0 los nuevos brotes se desarrollan sobre una planta de estructura añeja. Las plantaciones de 25 años tuvieron un porcentaje de mortandad mayor que las plantaciones de 16 años, de esto se desprende que sería aconsejable no alargar el tiempo para realizar la poda de rejuvenecimiento en aquellos yerbales degradados, para no provocar una disminución del número de plantas por la muerte de las mismas.

Los tratamientos con poda sistemática han mostrado un diferencial de producción mayor a los tratamientos en una sola oportunidad en dos de los sitios analizados (S1 y S4). A su vez la poda sistemática permite mantener una producción permanente, aunque reducida en los periodos de aplicación de la poda, lo que disminuye el impacto en la economía del productor, incentivando estas prácticas de manejo.

En base a esta información se están realizando experiencias demostrativas en plantaciones adultas degradadas de distintas edades en predios de productores agrícolas con resultados satisfactorios. Cabe destacar que, en un yerbal manejado adecuadamente, con cosechas eficientes (Kurtz y Mayol, 2011) se podría evitar o retrasar las podas de rebaje mencionadas en el presente trabajo.

Conclusiones

De lo expuesto anteriormente podemos concluir que la técnica de poda de rebaje sistemática es la más indicada para la recuperación productiva de las plantas de yerba mate degradadas debido el bajo porcentaje de mortandad, el aumento potencial de la producción y la disminución del impacto sobre la economía del productor que aplica estas técnicas.

Agradecimientos

Se agradece a los familiares del Sr. Juan Reetz †, al Sr. Juan Alfredo Imhof y a la Compañía General de Alimentos (CGA) por haber colaborado en alguna de las etapas de la realización de este estudio.

Referencias Bibliográficas

- BURNIK O. 1996. Yerba Mate: manejo de plantas post-rebaje. INTA EEA Cerro Azul, Miscelánea N° 32, pág 9.
- CHRISTIN O. 1988. Recomendaciones sobre poda de rebaje o de renovación. INTA- EEA Cerro Azul, Circular N° 28, pág 3.
- DE BERNARDI, L.; PRAT KRICUN, S. 2001. Diagnóstico de la región yerbatera.
- INSTITUTO NACIONAL DE LA YERBA MATE, 2022. Informe del sector yerbatero, diciembre de 2022. <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/estadisticas/2022.html> en línea.
- KURTZ, V. 1997. El cultivo de la Yerba Mate en el área de influencia de la AER Eldorado INTA. Resúmenes de Acta del 3° Curso de Capacitación en producción de la Yerba Mate. Misiones. Argentina. 174-175 p.
- KURTZ, V. y MAYOL, M. 2011. Evaluación de sistemas de cosecha de Yerba Mate. Acta del 5° Congreso Sudamericano de la Yerba Mate. Posadas, Misiones, Argentina. 151-154 p.
- MAYOL, M. 1997. La experiencia Argentina en sistema de poda de yerba mate. Resúmenes de Acta del 1° Congreso de la Yerba Mate, Curitiba PR, Brasil, 337-350 p.
- PRAT KRICUN, S.; BELINGHERIM, L. 2003. Sistemas de Podas de Rebaje en Plantaciones de Yerba Mate de Baja y Alta Densidad. 3° Congresso Sul-Americano da Erva Mate. Resúmenes y CD Anales 5.24. pág 122. Chapecó, SC, Brasil.
- SECRETARIA DE POLITICA ECONOMICA, 2018. Informes de Cadena de Valor: “Yerba Mate”. Ministerio de Hacienda, Presidencia de la Nación Argentina. Año 3, N° 17.

TKACHUK J. Poda de rebaje o renovación parcial de madera de yerba mate. INTA- EEA Cerro Azul. Notas informativas N° 23, pág 2.

Manejo para el Aumento de Rendimientos en Yerba mate (MARY) – Una propuesta de extensión y gestión de las chacras

Burtnik, Oscar José¹

¹Extensionista – Asistente Regional de Extensión. INTA CR Misiones. Posadas. Misiones, burtnik.oscar@inta.gob.ar

Resumen: El principal problema que expone este trabajo es la gran cantidad de información que existe a la hora de abordar el trabajo de extensión, por parte de los profesionales, y el ordenamiento de las tareas por parte de los productores. A menudo el productor yerbatero y el extensionista se ven sobrepasados por la gran cantidad de información que reciben. ¿Por dónde empezar? ¿Cómo hacer para ordenar la explotación? Estas y muchas otras preguntas provocan desánimo y, ante la posibilidad de no entender lo que se debe hacer, se opta por seguir como está. Este trabajo es una propuesta para simplificar y ordenar la información relevante para el logro de yerbales con buena producción y estables a través del tiempo. Basado en una experiencia realizada en la provincia de Corrientes para el cultivo de arroz, se ha desarrollado esta propuesta que tiene un nombre fácil de recordar, MARY, abreviatura de Manejo para el Aumento de los Rendimientos de Yerba mate. Se basa en los aspectos más importantes que hacen a las buenas prácticas agrícolas, planificación de actividades, cosecha o poda racional, uso del suelo con criterio de mantenimiento de sus condiciones físicas, nutrición vegetal tendiente a devolver al suelo lo que sacan las cosechas más un extra que permita mejorar la productividad, y el criterio de manejo integrado de plagas y enfermedades. A ello se le agregan casos especiales, que son los que se realizan por “única vez”, como son la recuperación de yerbales degradados en los casos en que la producción caiga por debajo de los 4000 kg/ha, el rebaje o renovación de las plantas que tienen muy dañada o desproporcionada su estructura, la plantación de nuevos yerbales y su poda de formación. Toda la propuesta se hace a la luz de los conocimientos y las prácticas vigentes en este momento, por lo que, en el avance de la tecnología seguramente podrá ser ajustada con el paso del tiempo.

Palabras clave: Productividad. *Ilex paraguariensis*. Gestión. Cosecha.

Introducción

La yerba mate *Ilex paraguariensis* St. Hilaire, es un cultivo perenne. Se registran en Argentina plantaciones que sobrepasan el siglo, con una producción aceptable de hoja verde.

En el ciclo normal del cultivo, que comienza con el vivero, para luego realizar la plantación a campo, se comienza a obtener algo de producción al tercer año aproximadamente, que es cuando se ejecuta la poda de formación. Recién al quinto o sexto año se tiene una producción aceptable, y esto continúa durante una década, período donde los resultados productivos alcanzan un máximo, aproximadamente a los 15 años después de la plantación. A partir de allí, comienza una lenta declinación de los yerbales, que puede acelerarse cuando se realizan cosechas con defoliación total de las plantas y labores que dejan el suelo desnudo. En general, a los 25 a los 30 años después de la plantación, los yerbales caen en sus promedios a unos 5.000 kg/ha/año, que es cuando los productores comienzan a consultar a los extensionistas sobre cuáles prácticas conviene hacer para revertir el declinamiento de la plantación.

A menudo el productor yerbatero y el extensionista se ven sobrepasados por la gran cantidad de información que reciben. ¿Por dónde empezar? ¿Cómo hacer para ordenar la explotación? Estas y muchas otras preguntas provocan desánimo y, ante la posibilidad de no entender lo que se debe hacer, se opta por seguir como está.

Este trabajo es una propuesta para simplificar y ordenar la información relevante para el logro de yerbales con buena producción y estables a través del tiempo. Para ello, se toma en cuenta la experiencia de 35 años del autor en el ámbito de la extensión en la actividad yerbatera del Nordeste de Corrientes y el Sur de Misiones, Argentina.

El antecedente de una propuesta semejante es en el cultivo de arroz, donde Casco et al. (2013) proponen seis aspectos básicos para garantizar un piso de 6000 kg por ha de rendimiento, tomando en cuenta aspectos sencillos como la época de siembra, de inundación, control de plagas y malezas, fertilización, etc.

Basado en esa experiencia, se propone un esquema similar, con 5 puntos básicos para el cultivo de yerba mate, más las situaciones especiales, que son aquellas que se realizan por única vez: la plantación de nuevos yerbales y el tratamiento a aquellos yerbales degradados, que suman otros cuatro ítems. Los principales aspectos de la propuesta han sido tomados de Burtnik (2014) y Penteado y Ferreira (2019).

Esta metodología comenzó a usarse en 2020, en el proyecto local de yerba mate del INTA, centro Regional Misiones.

Materiales y Métodos

La propuesta consta de 5 puntos principales para yerbales en producción, que están ordenados según la importancia del impacto que provocan en la explotación: Plan anual y largo plazo; Cosecha de ramas maduras; Manejo físico de suelo y de malezas; Nutrición y Fertilización del cultivo y Manejo de plagas y enfermedades con criterio de manejo integrado. Este esquema es aplicable a yerbales desde los 5 hasta los 100 años, siempre que estén en su producción normal. A ello se le agregan casos especiales, que son los que se realizan por “única vez”, como son la recuperación de yerbales degradados en los casos en que la producción caiga por debajo de los 4000 kg/ha, el rebaje o renovación de las plantas que tienen muy dañada o desproporcionada su estructura, la plantación de nuevos yerbales y su poda de formación.

Resultados y Discusión

Al tratarse de un cultivo perenne, se comienza con el primer paso, que es la planificación anual y de largo plazo. Esto permite al productor centrarse en las actividades importantes y además, poder prever los ingresos y egresos de dinero. Es muy común que las parcelas no estén medidas, que no posean una identificación, y que no se conozca la producción individual de cada lote.

A continuación, se enumeran los indicadores más importantes para la planificación, dejando en claro que no son los únicos, sino que son los que el propio productor puede alcanzar en su chacra, sin necesidad de análisis externos:

I. Yerbales en producción

1. Plan anual y largo plazo
 - a. Identificación, croquis y medición de los lotes
 - b. Inventario de plantas
 - c. Calendario de actividades
 - d. Registro de actividades y rendimientos por lote
 - e. Establecer correcciones en base a causa-efecto.

El segundo punto de la propuesta, que puede aumentar un 60% de la producción si se realiza correctamente, es la poda o cosecha de ramas maduras. Esta metodología ha sido ampliamente probada (Munaretto, 2022) y se está imponiendo en los yerbales argentinos:

2. Cosecha de ramas maduras
 - a. Época: Enero a agosto
 - b. Herramientas: 1° mano; 2° serrucho; 3° tijera, 4° cinturón y vainas

- c. Procedimiento: 1° viruteo; 2° limpieza ramas gruesas; 3° corte de rama madura con aumento; 4° raleo ramas finas y 5° despunte o “mboreví karú”
- d. Otras posibilidades: cosechando ramas grises, dejando un 30%

El tercer punto es el manejo del suelo en cuanto a sus propiedades físicas: por años, los agricultores aplicaron la rastra como medida contra las malezas. Luego vinieron los herbicidas, con los cuales no se remueve el suelo, pero en muchas ocasiones queda desnudo, por lo cual continúa la erosión hídrica. Lo que se promueve es que haya la menor remoción posible del suelo y que a su vez, éste no quede descubierto, sino protegido por aquellas malezas que compiten poco con el cultivo (Bárbaro, 2017):

- 3. Manejo físico de suelo y de malezas
 - a. Manejo de suelo vivo: Labranza cero
 - b. Excepcionalmente, descompactación
 - c. Mantener el suelo cubierto - Prioridad: Manejo de capuera mansa; en segundo término, cubierta verde (avena-poroto)

El cuarto punto de la propuesta se ocupa de la fertilización y/o abonado de los yerbales, según lo propuesto por Sosa (2011). Nótese que primero se buscan acondicionar las plantas y los aspectos físicos del suelo, para recién allí recurrir al aporte de estos insumos externos a la explotación:

- 4. Nutrición y Fertilización del cultivo
 - a. Fundamento: devolver al suelo lo que saca la cosecha + 25%
 - b. Dosis, 125 kg de “25:5:25” cada 3000 kg HV cosechados.
 - c. Época: Septiembre y febrero
 - d. Procedimiento: en cobertura o surcos, previo a lluvia.

El quinto punto se refiere a las plagas y enfermedades que atacan al cultivo. Afortunadamente, son pocas las plagas primarias y en su gran mayoría pueden ser manejadas sin la aplicación de químicos. Se promueve el manejo integrado de plagas y enfermedades, buscando ayudar a la naturaleza a lograr el equilibrio entre las poblaciones de plagas y sus enemigos naturales:

- 5. Manejo de plagas y enfermedades con criterio MIPE
 - a. Rulo
 - b. Marandová
 - c. Tigre
 - d. Mal de la tela

Los yerbales degradados son aquellos en los que tanto las plantas como el suelo se van agotando, por un lado se cae el stand de plantas y por el otro hay pérdida de condiciones físicas y químicas del suelo. Todo ello se traduce en una paulatina disminución de los rendimientos, llegando en algunos casos a pérdidas desde el punto de vista económico. Estos casos especiales, determinan la necesidad de aumentar el stand de plantas por hectárea, que se puede lograr a través de la interplantación o a la implantación de un nuevo yerbal:

II. Casos Especiales:

- 6. Recuperación de yerbales degradados
 - a. Solo para densidades mayores a 500pl/ha: 1° manejo suelo y malezas, 2° rebaje, 3° manejo de plantas; 4° interplantación en entreliño.
 - b. Para densidades menores, descepar y realizar nuevo yerbal.

En otros casos, la excesiva cantidad de madera que presentan las plantas, con presencia de nudos, ramas muertas, malformadas, etc. que requieren su eliminación, procediéndose en estos casos a realizar la técnica denominada rebaje:

- 7. Rebaje

- a. Época: agosto
- b. Herramientas: motosierras
- c. Procedimiento: por mitades o tercios

Otra de las situaciones especiales es la implantación de un nuevo yerbal. Para ello, se enumeran los aspectos más importantes a ser tenidos en cuenta para tener más probabilidades de éxito en esta etapa tan importante:

8. Plantación
 - a. Sistematización, curvas a nivel paralelizadas. Surcado en verano, hasta 15 de marzo
 - b. Profundidad del surco: 60 cm
 - c. Distanciamiento y densidad: $3 \times 1.5\text{m} = 2222$ plantas por ha (mínimo)
 - d. Calidad del plantín: proveniente de semilleros y viveros inscriptos
 - e. Limpieza: carpadas primeros 2 años. Uso de avena negra y poroto
 - f. Poda: Segundo o tercer año.

La poda de formación es una actividad que debería hacerse con el mejor de los criterios. Para este trabajo, lo común es que el productor sea quien realiza la poda del primer año.

9. Poda de formación.
 - a. Altura: 30 cm
 - b. Época: Julio - Agosto
 - c. Procedimiento:
 - i. Corte del eje gris de más de una pulgada;
 - ii. raleo de ramas cruzadas o malformadas;
 - iii. despunte de ramas verdes.

Conclusiones

Se presenta en este trabajo una metodología para tomar los puntos más importantes que permitirán el trabajo de extensión rural en el ámbito yerbatero, para lograr incremento de rendimientos en los primeros años y una estabilidad de estos a lo largo del tiempo. Como toda propuesta, puede adoptarse o no, y está libre de ser modificada.

Agradecimiento

A los productores y tareferos que me permitieron entrar a sus chacras y desarrollar trabajos de experimentación a campo. Al INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ámbito propicio para desarrollar mis tareas de investigación y extensión. A la Universidad del Salvador, donde, a través de la docencia, pude mantener y mejorar los conocimientos

Referencias Bibliográficas

- BARBARO, SEBASTIÁN ERNESTO. (2017). Estado de degradación de ultisoles bajo diferentes sistemas de control de malezas en cultivos de yerba mate en Misiones. Tesis para obtener el grado de Magister de la Universidad de Buenos Aires área Ciencias del Suelo otorgado por la Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados. Recuperado de <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/tesis/document/2018barbarosebastianernesto.pdf>
- BURTNIK, OSCAR J. 2014. Yerba Mate: Manual del pequeño productor. INTA-EEA Cerro Azul, Miscelánea N°69. Misiones, Argentina. 56p.
- CASCO, JOAQUÍN; J. MOULIN y A. KRAEMER. 2013. "Manejo para Altos Rendimientos en Arroz" (MARA). INTA – Corrientes. Fecha de acceso: 28/7/23 de:

<https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Jornadas2009/Manejo.para.Altos.Rendimientos.en.Arroz.ProyectoINTA.pdf>

MUNARETTO, NÉSTOR. 2022. Yerba Mate. Buenas prácticas de cosecha. Tríptico del Proyecto Local Yerba Mate. INTA.

PENTEADO Jr. e Ives dos Reis Goulart. 2019. Erva 20: Sistema de produção para erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2019.152 p. ; il. color.

SOSA, D.A. (Ed.). 2011. Yerba mate. Manual de campo. INTA, EEA Cerro Azul, Misiones, 51 p. 168.

SRT. 2020. Manual de Buenas Prácticas. Actividad yerbatera. Cultivo y cosecha. Buenos Aires. 108p.

Evaluación de distintos fungicidas para el control de la mancha negra causada por *Cylindrocladium spathulatum* en *Ilex paraguariensis*

Dummel, Delia Marlene^{1,*}; Agostini, Juan Pedro²

¹Investigador EEA Montecarlo. INTA. Avenida Libertador 2472, Montecarlo, Misiones, Argentina,
*dummel.delia@inta.gob.ar

²Investigador independiente.

Resumen: La yerba mate *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. es un árbol nativo del noreste de Argentina, Paraguay y Brasil. En Argentina, la producción se concentra en la provincia de Misiones y norte de Corrientes, con una superficie cultivada de 209.276,896 has. Existen varias enfermedades que inciden directamente sobre la producción, tales como la mancha negra ocasionada por el hongo ascomicete (*Cylindrocladium spathulatum*) y el mal de la tela hongo basidiomicete (*Ceratobasidium niltonsouzanum*). La mancha negra (MN) es una enfermedad de importancia para el cultivo de la yerba mate debido a la intensa defoliación o caída de hoja que ocasiona en determinadas épocas del año. *C. spathulatum* ha sido observada en yerbales distribuidos a lo largo de toda la provincia, siendo su incidencia mayor en otoño, cuando las condiciones ambientales son propicias para su desarrollo. Actualmente no existen productos fungicidas registrados en la Argentina para este patógeno y existen muy pocos trabajos sobre eficacia de productos fungicidas para su control. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar distintos productos comerciales que existen en el mercado y su eficacia para el control de este hongo tanto en ensayos in vitro como sobre plantines. Se realizaron ensayos in vitro con 8 productos comerciales a concentraciones de 10, 50 y 100 ppm y un testigo, con 3 repeticiones por tratamiento. Se seleccionaron 4 de los productos que mayor eficacia tuvieron para ensayar sobre plantines de 6 meses de edad en los cuales se evaluó el efecto preventivo y curativo de los mismos a una concentración de 50 ppm, realizándose pulverizaciones con una concentración conocida de esporas pre y post aplicación de los distintos productos ensayados. Carbendazim y Priaxor demostraron una eficiencia de 100% de control de *C. spathulatum* en todas las concentraciones ensayadas in vitro, mientras que Acento y Amistar Top tuvo el mismo efecto a 50 y 100 ppm. En los ensayos sobre plantines, a concentraciones de 50 ppm, los fungicidas Priaxor y Amistar Top redujeron la incidencia a valores cercanos al 5% cuando se lo utiliza como preventivo, mientras que Acento estuvo en 16% y Bogart 22%. No se observó diferencias significativas, entre los distintos productos en cuanto a su efecto curativo con Test de Tukey ($p > 0.05$).

Palabras claves: *Calonectria spathulatum*. Defoliación. Manejo. Productos fitosanitarios.

Introducción

La yerba mate es un árbol nativo del noreste de Argentina, Paraguay y Brasil, cuyas hojas son procesadas y luego utilizadas para preparar el mate, bebida típica de la zona. En Argentina, la producción se concentra en la provincia de Misiones y norte de Corrientes, con una superficie cultivada de 209.276,896 has, de las cuales 181.890,027 has corresponden a Misiones y las restantes 27.386,869 has a Corrientes (INYM 2022). Entre los años 2015 y 2020 se observó una excesiva caída de hojas o defoliación en lotes comerciales de yerba mate, la cual fue asociada a situaciones climáticas favorables y a la presencia de mancha negra ocasionada por el hongo *Cylindrocladium spathulatum*, teleomorfo de *Calonectria spathulata* (Ojeda, et al. 2016. Dummel, et al. 2017). La mancha negra es uno de los principales problemas en el cultivo de la yerba mate, tanto en vivero como a campo (Grigoletti y Auer, 1996). En vivero provoca caída

de las hojas basales quedando solo las hojas apicales en los plantines (Grigoletti *et al.* 2000). A campo, condiciones ambientales adecuadas tales como lluvias prolongadas seguido de cielo cubierto, alta humedad ambiente, mojado de hoja y temperaturas entre 20 y 25°C son propicias para el desarrollo del hongo en áreas donde ya se observó su presencia. Durante el otoño del 2019 se observaron lotes en la zona centro de la provincia de Misiones con pérdidas de más del 90% de la producción por esta enfermedad, no existiendo productos fungicidas inscriptos para su manejo. En diciembre del 2021 el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, otorgó la extensión de uso al producto formulado a base de cobre pentahidratado para el manejo de la enfermedad conocida como mal de la tela, siendo este el primer registro de producto fungicida para el cultivo de la yerba mate. La falta de productos fungicidas registrados para este cultivo acarrea verdaderos inconvenientes a la hora de realizar algún tipo de manejo para disminuir la incidencia y severidad de esta enfermedad tanto en viveros como en lotes en producción, ya que al no haber productos habilitados y/o probados el productor aplica una serie de fitosanitarios que no solo no están permitidos para el cultivo, sino que también no son específicos para sobre el patógeno que se quiere controlar, resultando en el uso incorrecto de productos y por consiguiente ocasionado pérdidas económicas y daños al ambiente, no controlando el patógeno. Ensayos para evaluar la eficacia de algunos fungicidas *in vitro*, dieron como resultado que el uso de productos a base de cobre más antibióticos tiene un 60% de eficacia para controlar la mancha negra (Masloff, 2016). Ensayos realizados en Brasil, *in vitro* y sobre plantines, demostraron que el benomyl y el captan fueron los productos que presentaron una mayor eficacia para el control de mancha negra (Grigoletti y Auer, 2003). Actualmente, en el mercado existen nuevos fungicidas, las estrobilurinas, de amplio espectro y de acción translaminar y de contacto cuya eficacia de control sobre este patógeno no ha sido probado. Por este motivo, se decidió ensayar distintos fungicidas, *in vitro* y sobre plantines, con el objetivo de evaluar el efecto como preventivo y curativo sobre la enfermedad conocida como mancha negra o defoliación en yerba mate.

Materiales y métodos

Para los ensayos *in vitro* se utilizaron aislamientos obtenidos desde muestras sintomáticas de hojas con manchas negras características de la enfermedad. Dichos aislamientos fueron realizados sobre medio de cultivo Agar Papa Glucosado (APG) creciendo a 27°C por 7 días. El ensayo conto con 9 tratamientos, 8 productos comerciales y 1 testigo. Los tratamientos fueron T1: Acento (Azoxistrobina 12 gr + Tebuconazole 20 gr), T2: Carbendazim, T3: Bogart (Difenoconazole 25gr), T4: Amistar (Azoxistrobina 25 gr), T5: Amistar top (Azoxistrobina 20 gr + Difenoconazole 12,5 gr), T6: Phyton (Sulfato de cobre pentahidratado 26,5%), T7: Priaxor (Fluxapiroxad 16,7 gr + Pyraclostrobin 33,3 gr) T8: Mancoceb y T9: Testigo (APG). Para los ensayos se preparó medio de cultivo APG conteniendo distintas concentraciones de los productos ensayados, que fueron 10, 50 y 100 ppm. Se realizó 3 repeticiones por tratamiento y por concentración (9 placas en total por producto) más 3 testigos conteniendo solo APG. En total se realizaron 75 placas que fueron medidas cada 3 días hasta cubrir el 100% de la superficie total de la placa en el testigo. Por cada placa, se realizó la siembra en el centro de esta de un tarugo de 0.5 cm de APG con el hongo *C. spathulatum* creciendo sobre el mismo. Se realizaron 2 marcas, en el envés de la caja de Petri, ambos perpendiculares y que pasan por el centro de la placa. Se midió el crecimiento a ambos lados A y B descontándose los 0.5 cm y dividiendo por dos para obtener 4 medidas de crecimiento lineal para cada uno de los lados; esta medida se dividió por el total de días que abarco la medición obteniendo un valor que cuantifica el crecimiento diario del hongo.

Para los ensayos sobre plantines se eligieron aquellos productos de nueva generación que mostraron un mayor porcentaje de control durante los ensayos in vitro. Se utilizaron plantines provenientes de viveros comerciales de la zona de 6 meses de edad, sanas y con hojas bien desarrolladas. Se trabajó a una concentración de 50 ppm del producto comercial debido a que fue la concentración intermedia con la cual se realizaron los antibiogramas en laboratorio, demostrando buen control. Las aplicaciones de los distintos productos fueron hechas con un aspersor, mojando la totalidad de las hojas de cada planta hasta punto de goteo. El ensayo consistió en 5 tratamientos, 4 productos comerciales y 1 testigo, donde se ensayaron los tratamientos T1: Acento, T3: Bogart, T5: Amistar top, T7: Priaxor y el T9: testigo (agua estilada estéril). Cada tratamiento conto con 3 plantas y en cada planta se evaluaron las primeras 6 hojas apicales. La evaluación conto de 2 ensayos que se realizaron de manera simultánea. En el primer ensayo (ensayo 1) se evaluó la acción preventiva de los productos utilizados y en el segundo (ensayo 2) se evaluó el efecto curativo de los productos una vez producida la infección. Para las inoculaciones se utilizó una suspensión de esporas a una concentración 10^{-4} , obtenidas desde placas de Petri incubadas a estufa a 25°C durante 7 días. Para el ensayo preventivo (ensayo 1) se hizo una aplicación con aspersor de los 4 productos que mejor resultado dieron en las pruebas in vitro, cada producto con un aspersor distinto. Transcurridos 3 días se procedió a inocular las plantas de yerba mate con un aspersor conteniendo la suspensión de esporas del hongo *C. spathulatum*, luego se cubrió con una bolsa y se realizó diariamente una evaluación de presencia y número de mancha negra por hoja evaluada para determinar incidencia y severidad. Para el ensayo curativo (Ensayo 2) se realizó la inoculación de los plantines por aspersión de la suspensión de esporas del hongo *C. spathulatum*, se cubrieron los plantines con una bolsa plástica, al tercer día se realizó la aplicación de los distintos productos y se realizó una observación diaria de presencia y número de manchas negras. Al momento de realizar la aplicación de los distintos productos en el ensayo 2 (curativo) no se observaron síntomas de la enfermedad. En ambos ensayos se realizó un mojado de hoja diario con agua estéril para asegurar las condiciones de humedad necesarias para que el hongo germine y penetre en la hoja. Para determinar la incidencia se utilizó la siguiente fórmula, Inc. (%) = (N° total de hojas con mancha negra / N° total de hojas observadas por tratamiento) * 100.

Resultados y Discusión

De los distintos productos ensayados in vitro se pudo observar que aquellos que presentaron un control total en las 3 concentraciones evaluadas fueron el T7: Priaxor (Fluxapiraxad + Pyraclostrobin) y T2: Carbendazim, mientras que T1: Acento (Azoxistrobina + Tebuconazole) y T5: Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole) mostraron un control total a 50 y 100 ppm con escaso crecimiento en concentraciones de 10 ppm del producto comercial. Se observan diferencias significativas entre la gran mayoría de los productos ensayados y el testigo. (Tabla 1). Si bien todos los productos mostraron diferencias significativas con el testigo, el cobre pentahidratado fue el tratamiento que mostro mayor crecimiento diario, contrario a lo observado por Masloff (2016); que determinó una eficacia del 60% de control con cobre.

Tabla 1. Comparación de medias, crecimiento diario del hongo *C. spathulatum*, entre los distintos tratamientos y a distintas concentraciones mediante test de tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Los números entre paréntesis indican la concentración con la cual se trabajó, donde 1ppm = 1 mg/L.

Tratamientos	Crecimiento diario (mm/día)
Carbendazim (10)	0,00 A
Carbendazim (50)	0,00 A
Carbendazim 100)	0,00 A
Acento (50)	0,00 A
Acento (100)	0,00 A
Priaxor (10)	0,00 A
Priaxor (50)	0,00 A
Priaxor (100)	0,00 A
Amistar Top (50)	0,00 A
Amistar Top (100)	0,00 A
Bogart (50)	0,24 B
Bogart (100)	0,24 B
Acento (10)	0,41 C
Mancoceb (100)	0,54 C
Amistar Top (10)	0,55 C
Amistar (100)	0,83 D
Amistar (50)	0,98 E
Mancoceb (50)	1,02 E
Amistar (10)	1,21 F
Mancoceb (10)	1,68 G
Phyton (100)	2,41 J
Phyton (50)	2,53 J
Testigo	2,74 I

En cuanto a las evaluaciones realizadas sobre plantines en el ensayo 1, los productos que mejor se desempeñaron como preventivos fueron el Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin) y el Amistar top (Azoxistrobina + Difenconazole).

Al realizar la comparación de medias con el test de Tukey, con un nivel de 0.05 de significancia se observa que hay diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos Amistar top (Azoxistrobina + Difenconazole), Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin) y Acento (Azoxistrobina + Tebuconazole). No habiendo diferencias significativas entre el testigo y el Bogart (Difenconazole) (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de medias para incidencia de mancha negra (MN) sobre el total de hojas evaluadas por tratamiento. Test de Tukey ($p > 0.05$), letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

Tratamientos	Incidencia hojas con MN
Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole)	5,56 A
Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin)	5,56 A
Acento (Azoxistrobina + Tebuconazole)	16,67 A
Bogart (Difenconazole)	22,22 A B
Testigo (Agua destilada estéril)	66,67 B

Continuando con el ensayo 1 (preventivo), al analizar el número promedio de manchas foliares presente por hoja y por tratamiento con el test de Tukey y con un intervalo de confianza de 0.05 se obtuvieron diferencias significativa entre el promedio de mancha negra de *C. spathulatum* por hoja y el tratamiento realizado. Existe diferencia significativas entre la cantidad de manchas negras por hoja de las plantas tratadas con Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole) y Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin) en relacion al testigo (Tabla 3). Ambos productos combinan la acción preventiva de las estrobilurinas (Pyraclostrobin y Azoxistrobina) que al ser lipofílicas se adhieren a la cutícula cerosa de la hoja, ingresando al mesófilo y atravesando la hoja, inhibiendo la germinación de las esporas, combinado con el efecto curativo y erradicante de la carboxamida (Fluxapiroxad) y el triazol (Difenconazole).

Tabla 3. Comparación de medias de número promedio de manchas negras presente por hoja y por tratamiento. Letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

Tratamientos	N° Promedio MN por hojas
Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole)	0,06 A
Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin)	0,06 A
Acento (Azoxistrobina + Tebuconazole)	0,39 A B
Bogart (Difenconazole)	0,67 A B
Testigo (Agua destilada estéril)	2,22 B

En cuanto al ensayo 2 (curativo) se cuantifico la cantidad de hojas que presentaban mancha negra por *C. spathulatum*, y se calculó la incidencia por tratamiento, observándose que los valores de incidencia rondaron entre el 38,9% para el tratamiento con Acento (Azoxistrobina + Tebuconazole) y el 66,7% para Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole) (Tabla 4).

Tabla 4. Incidencia de mancha negra (MN) sobre un total de 18 hojas evaluadas por tratamiento como curativo.

Tratamientos	Incidencia
Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole)	66,7
Testigo (Agua destilada estéril)	61,1
Bogart (Difenconazole)	55,6
Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin)	44,4
Acento (Azoxistrobina + Tebuconazole)	38,9

Al realizar la comparación de medias con el test de Tukey, entre tratamientos, con un nivel de 0.05 de significancia no se observan diferencias significativas entre los tratamientos, tanto para incidencia como para manchas negras por hojas.

Cuando comparamos el efecto preventivo/curativo que tuvo el producto sobre las plantas inoculadas con *C. spathulatum*, podemos observar que Priaxor y Amistar top tuvieron un buen desempeño como preventivos, no observándose efecto curativo, de ninguno de los productos ensayados, una vez producida la penetración del hongo a las hojas (Figura 1).

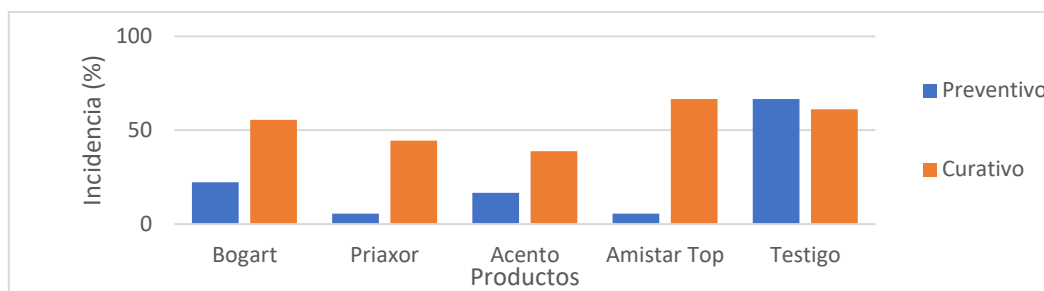


Figura 1. Comparación efecto preventivo/curativo de cada producto comercial ensayado para control de mancha negra por *C. spathulatum*.

Conclusiones

En condiciones in vitro Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin) y Carbendazim mostraron una eficacia de control total en las 3 concentraciones ensayadas, mientras que Acento (Azoxistrobina + Tebuconazole) y Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole) mostraron un control total a concentraciones de 50 y 100 ppm con escaso crecimiento en concentraciones de 10 ppm del producto comercial. En pruebas sobre plantines, los fungicidas Priaxor (Fluxapiroxad + Pyraclostrobin) y Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole) redujeron la incidencia a valores cercanos al 5% cuando se lo utiliza como preventivo, mientras que Acento estuvo en 16% y Bogart 22%. No se observó diferencias significativas, entre los distintos productos en cuanto a su efecto curativo.

Recomendaciones

C. spathulatum ha sido mencionada como una enfermedad de importancia en viveros observándose una intensa defoliación, con aplicaciones preventivas de estos productos se puede reducir en forma considerable la misma. Se debe trabajar sobre la búsqueda de productos que sean efectivos para el control de la defoliación y que junto al manejo integrado constituyan una herramienta para el control de esta enfermedad buscando obtener un bajo impacto ambiental con la dosis adecuada y el momento correcto.

Referencias bibliográficas

- DUMMEL, D. M.; AGOSTINI, J. P.; KORNOWSKI, M.V. Determinación del organismo asociado a la defoliación de *Ilex paraguariensis* a. St.-Hil. 4° Congreso Argentino de Fitopatología. p. 207. 2017.
- GRIGOLETTI JUNIOR, A.; AUER, C.G; IEDE, E. T. Manual de identificação de pragas e doenças da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Colombo: Embrapa Florestas. Documentos,44. 23p. 2000.
- GRIGOLETTI JUNIOR, A.; AUER, C.G. Doenças da erva-mate: Identificação e controle. In: Embrapa Florestas-Circular Técnica 25 (INFOTECA-E). pp. 1-23. 1996.
- GRIGOLETTI JUNIOR, A.; AUER, C.G. Efeito de Fungicidas no Controle da Pinta-Preta da Erva-mate. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 46, p. 91-96. 2003.
- INYM. Superficie cultivada de Yerba Mate. Recuperado de <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/estadisticas/superficie-cultivada-por-departamento/2801-cantidad-de-hectareas-cultivadas-en-misiones-y-corrientes.html>. 2022.
- OJEDA, M.M.; N. CHAMORRO; M. BARZALÁ; E. Fretes. Primer reporte de la mancha negra en yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hill.) causada por *Calonectria sphaulata* en Paraguay. Investig. Agrar. vol.18 no.2 San Lorenzo Paraguay. 2016.

MASLOFF, V. M. A. Evaluar la eficacia de fungicidas para el control de la mancha negra (*Cylindrocladium sp.*) en la yerba mate. Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico. Año 10. N° 10. Pp 34-38. 2016.

3. Economía y Aspectos Sociales

Mercado brasileiro de erva-mate: Uma análise de assimetria de transmissão de preços no Rio Grande do Sul entre 2003 e 2018

Portugal, João Felipe Alves Moreira¹; Zanin, Vanclei²

¹Bolsista do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (PPGE-FURG). Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Avenida Itália km 8, Rio Grande, portugaljoaofelipe@gmail.com
²Professor adjunto. Universidade Federal do Rio Grande - Campus Santo Antônio da Patrulha (FURG-SAP), Rua Cel. Francisco Borges de Lima 3005, Santo Antônio da Patrulha, vancleizanin@gmail.com

Resumo: O mercado de erva-mate obteve crescimentos expressivos no Brasil em termos de produção, geração de empregos e exportações ao longo das últimas duas décadas, especialmente no Rio Grande do Sul, onde a utilização da erva para o consumo de chimarrão faz parte de sua cultura. Tal crescimento foi acompanhado da criação de órgãos que visam aprimorar o desenvolvimento do setor ervateiro na região. No entanto, apesar da relevância do estado no setor em termos nacionais e das ações promovidas para o aprimoramento de sua cadeia de produção ervateira, poucos estudos são destinados à análise desse mercado e suas características, dificultando o conhecimento sobre a formação e transmissão de preços entre os agentes participantes. Diante disso, o presente trabalho buscou identificar se há Assimetria de Transmissão de Preços (ATP) no mercado ervateiro gaúcho, principal polo produtor e consumidor nacional, no intuito de investigar se o varejo vem se beneficiando de maneira assimétrica de variações de preços, prejudicando os demais participantes. Utilizando dados do setor referentes aos preços ao varejo e ao produtor no estado entre os anos de 2003 e 2018, o presente estudo buscou observar se ocorreu a existência de ATP no mercado para a relação Varejo-Produtor. Através da utilização do teste proposto por Lee e Strazicich (2003), confirmou-se a existência de quebras estruturais nas séries temporais estudadas, já esperadas via análise gráfica preliminar das mesmas. Assim, partindo do modelo utilizado por Houck (1977), não se observou a existência de ATP no mercado gaúcho de erva-mate, mostrando um comportamento simétrico dos preços. Porém, ao se desconsiderar a existência das quebras estruturais, a assimetria não pôde ser rejeitada. Com isso, os resultados reforçam a importância de levar em consideração as quebras estruturais nas análises de séries temporais, e indicam que o mercado de erva-mate no Rio Grande do Sul possui um caráter competitivo no período analisado.

Palavras-chave: Erva-Mate. Séries Temporais. Quebras Estruturais. Produtos Agrícolas.

Introdução

O Rio Grande do Sul destaca-se como maior produtor de erva-mate no Brasil, onde entre 2003 e 2018 (IBGE, 2020) mostrou-se responsável por 67% do volume de toda a exportação brasileira do produto no mesmo período (MDIC, 2020), em um setor que gera cerca de 700 mil empregos no país (Chechi et al., 2017). Dado a relevância do setor no estado, organizações que visam o desenvolvimento da cadeia de produção da erva foram criadas, como o Fundo de Desenvolvimento para a Cadeia Produtiva de Erva-Mate no Rio Grande do Sul (FUNDOMATE), o Instituto Brasileiro da Erva-Mate (IBRAMATE), além de outros órgãos. Apesar dessa importância, estudos que abordam esse mercado ainda são escassos, assim sendo, temáticas como a presença de Assimetria de Transmissão de Preços (ATP) entre os elos produtivos do setor acabam não sendo contempladas na literatura aplicada. Essa temática é importante, pois a existência de ATP indica que determinado elo da cadeia de produção está reagindo com maior/menor intensidade e/ou magnitude em relação às alterações de preços em

outro elo da mesma cadeia produtiva, obtendo um benefício assimétrico quando da variação dos preços.

Nesse contexto, o presente trabalho buscou mensurar a assimetria de transmissão de preços da erva-mate entre os elos varejo e produtor no Brasil no período entre 2003 e 2018, em que a principal inovação foi testar a presença de ATP em um contexto séries temporais com quebras estruturais. Os indícios dessas quebras foram observados pela inspeção visual das séries temporais de preços e confirmados pelos testes de raiz unitária com quebras estruturais. Na sequência, a consideração destas quebras na análise de ATP permitiu rejeitar a presença de assimetria, algo que não ocorreria se as quebras estruturais fossem ignoradas. Este resultado que vai ao encontro do que foi apontado por Von Cramon-Taubadel e Meyer (2000) de que na presença de quebras estruturais os testes de ATP tendem a indicar a rejeição da hipótese nula (de simetria), sendo, portanto, importante considerá-las nas análises de transmissão de preços.

Metodologia

No âmbito da Assimetria de Transmissão de Preços (ATP), Houck (1977) desenvolveu o modelo de análise que é amplamente utilizado atualmente na literatura (Costa et al., 2018). Contudo, Von Cramon-Taubadel (1998) apontou para uma limitação no modelo, indicando a existência de autocorrelação de primeira ordem, que por sua vez, pode levar a regressões espúrias. Tal circunstância é incorreta no caso de séries cointegradas, pois é preciso levar em consideração a relação de longo prazo entre as variáveis. O autor destaca que, neste caso, a maneira correta de modelar a ATP entre variáveis cointegradas é através da aplicação do termo de correção de erros - *Error Correction Term* (ECT) em inglês – proposto por Granger e Lee (1989) conforme a Equação 1:

$$\Delta P_{i,t} = \beta_0 + \beta_{1t}^+ \sum_{j=0}^{J+} \Delta P_{j,t}^+ + \beta_{1t}^- \sum_{j=0}^{J-} \Delta P_{j,t}^- + \beta_{2t}^+ ECT_{t-1}^+ + \beta_{2t}^- ECT_{t-1}^- + \beta_3 \sum_{k=1}^K \Delta P_{i,t-j} + \varepsilon_t$$

Onde:

$P_{i,t}$ = preço ao varejo, sendo a variável dependente;

β_0 = coeficiente de tendência;

β_{1t}^+ e β_{1t}^- = coeficientes a serem estimados para os preços ao produtor;

β_{2t}^+ e β_{2t}^- = coeficientes a serem estimados para os termos de correção de erros;

β_3 = coeficiente a ser estimado para os preços ao varejo;

P_{jt}^+ e P_{jt}^- = variáveis que representam o acréscimo e o decréscimo nos preços ao produtor, respectivamente;

ε_t = erro aleatório.

Antes da própria realização dos testes de assimetria, o presente trabalho utiliza o teste ADF para verificar a presença de raiz unitária/estacionariedade nas séries. De forma a aumentar a robustez dos resultados, foi aplicado o teste proposto por Lee e Strazicich (2003), utilizado para verificação de possíveis presenças de quebras estruturais em séries temporais. O teste é voltado para os casos em que existem até duas quebras estruturais, com a possibilidade de inferir quebras no nível ou no nível e na tendência. Conforme Von Cramon-Taubadel e Meyer (2000), as presenças de quebras estruturais são frequentes em séries econômicas, por isso, recomendam

que testes que permitem verificar a possibilidade de mudanças estruturais sejam realizados anteriormente aos testes de assimetria. No caso do presente trabalho, a inspeção visual das séries indica que potenciais quebras estruturais podem ter ocorrido a partir de 2013, reforçando a importância de tal verificação.

Em relação aos dados utilizados para realizar tais análises, o presente trabalho utilizou séries mensais de preços recebidos por varejistas e produtores de erva-mate no Rio Grande do Sul entre 2003 e 2018.

Os dados contendo os preços recebidos pelos produtores do estado foram coletados pela EMATER-RS e obtidos junto ao site oficial do Departamento de Economia e Estatística - DEE (2020), enquanto os dados referentes aos preços recebidos pelos varejistas foram disponibilizados pelo Instituto de Estudos e Pesquisas Econômicas - IEPE (2020), órgão vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), para o município de Porto Alegre, maior consumidor do produto e capital do estado.

Os dados alusivos aos preços obtidos pelos produtores se referem ao valor recebido pela arroba da folha verde de erva-mate¹. Enquanto os preços ao varejo se referem ao valor pago por quilo do produto. Para a comparação das séries e realização dos testes de assimetria, os preços foram considerados na mesma unidade (1 kg) e deflacionados, tendo o mês de novembro de 2018 como base, através do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas e disponibilizado Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEADATA, 2020).

Resultados

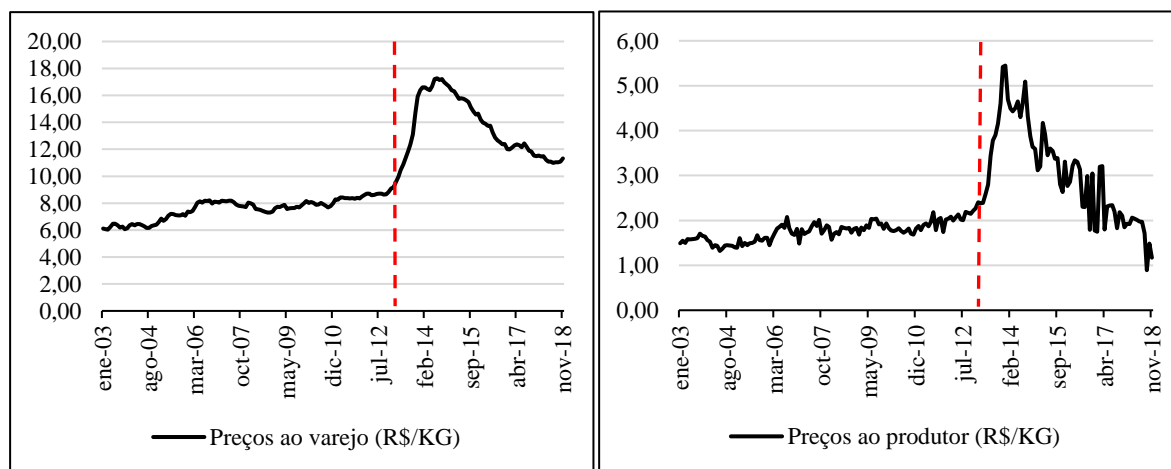


Figura 1. Evolução dos preços mensais da erva-mate ao produtor e ao varejo no Rio Grande do Sul, entre janeiro de 2003 e novembro 2018.

Fonte: IEPE (2020) e EMATER-RS (2020).

Obs: Os gráficos contêm os preços reais ao varejo (à esquerda) e ao produtor (à direita), em que os valores foram deflacionados pelo IGP-DI com o mês de novembro de 2018 como base. As linhas verticais tracejadas em vermelho indicam o mês de janeiro de 2013, potencial quebra estrutural nas séries em estudo.

Após realizada a análise gráfica, o teste ADF foi aplicado, indicando que as séries de preços ao varejo e ao produtor possuem raiz unitária, tornando-se estacionárias após a primeira diferença.

¹ A arroba de erva-mate é equivalente a 15kg de folha verde.

Tabela 1. Teste de Raiz Unitária com duas quebras estruturais de Lee e Strazicich (2003) para os preços reais da erva-mate ao varejo (PV) e ao produtor (PP) no RS de janeiro 2003 a novembro 2018. (Modelo C).

Séries	k	TB ₁ /TB ₂	S _{t-1}	Constante	B _{1t}	DT _{1t}	B _{2t}	DT _{2t}	$\lambda_1=TB_1/T$; $\lambda_2=TB_2/T$
PV (coef.)	11	2013/01;	-0,105	0,023	-0,095	0,388	0,386	-0,493	$\lambda_1:0.60$
Teste t		2016/04	-6,158	1,389	-0,522	6,302	2,121	-6,944	$\lambda_2:0.80$
PP (coef.)	12	2013/04;	-0,608	-0,270	-0,914	1,418	-0,501	-0,777	$\lambda_1:0.60$
Teste t		2015/10	-7,023	-4,626	-1,877	6,371	-1,071	-5,208	$\lambda_2:0.80$

Fonte: Elaboração própria (2023).

Em que k é o número ótimo de lags; TB é a quebra estrutural estimada, St-1, é o teste estatístico de Raiz Unitária de LS, na segunda linha há o valor da estatística t calculada. Os valores críticos extraídos de Lee e Strazicich (2003, p.1084). A tabela de distribuição normal, usada para os valores críticos para os níveis de 1%, 5% e 10% de significância são respectivamente, 2,60; 1,97 e 1,65. Para o Modelo C, que considera as quebras no intercepto e na tendência, o Software indica os valores críticos de: -6.6094, -5.8464, -5.4663 para os níveis de 1%, 5% e 10% de significância respectivamente, indicando que os coeficientes são significativos, e, portanto, que o modelo é o mais apropriado para a análise.

Tabela 2. Modelo de Houck para o mercado de erva-mate no Rio Grande do Sul entre janeiro de 2003 e novembro de 2018 – séries com quebras estruturais retiradas.

	Varejo-Produtor
PP^+	0,787***
PP^-	0,787***
Constante	0,0273
Teste F	4,103
R ²	0,0420
Breusch-Godfrey	0,659
Teste de Wald	0,00289

Fonte: Elaboração própria (2023).

*** significativo a 1%; **significativo a 5%; * significativo a 10%.

Obs: Os termos PP^+ e PP^- se referem aos acréscimos e decréscimos ao produtor respectivamente.

O teste de Breusch-Godfrey foi utilizado para verificar a presença de autocorrelação, onde: H_0 = autocorrelação.

Tabela 3. Modelo de ATP para o mercado gaúcho de erva-mate entre janeiro de 2003 e novembro de 2018. – Séries com quebras estruturais não retiradas.

	Varejo-Produtor (ECT)
$D.PP^+$	0,778***
$LD.PP^+$	-0,0266
$LD2.PP^+$	0,422*
DPP^-	0,488**
$LD.PP^-$	0,222
$LD2.PP^-$	0,169
$LD.PV$	0,401***
ECT_{t-1}^+	-0,00478
ECT_{t-1}^-	-0,0995***
Constante	-0,0486**
AIC	-122,7
BIC	-90,31
Teste F	21,71
R^2	0,523
Breusch-Godfrey	0,524
COIA	0,731
DLEA (1 lag)	0,593
DLEA (2 lags)	0,557
CUIA	0,441
EAPA	8,563

Fonte: Elaboração própria (2023).

*** significativo a 1%; **significativo a 5%; * significativo a 10%.

Nota: Os termos PP^+ e PP^- se referem aos acréscimos e decréscimos ao produtor respectivamente. D se refere a variáveis em primeira diferença; L e L2 expressam as variáveis que possuem 1 lag e 2 lags respectivamente.

Os termos AIC e BIC referem-se aos critérios de informações de Akaike e de Schwartz respectivamente, utilizados para as seleções de lags mais apropriadas.

O teste de Breusch-Godfrey foi utilizado para verificar a presença de autocorrelação, H_0 = não há autocorrelação.

Os testes referentes aos parâmetros são alusivos às seguintes equações: (COIA) $Wald_D: \beta_1^+ \Delta P_{jt}^+ = \beta_1^- \Delta P_{jt}^-$;

(DLEA 1 lag) $Wald_LD: \beta_1^+ \Delta P_{jt}^+(-1) = \beta_1^- \Delta P_{jt}^-(-1)$; (DLEA 2 lags) $Wald_L2D: \beta_1^+ \Delta P_{jt}^+(-2) = \beta_1^- \Delta P_{jt}^-(-2)$;

(CUIA) $Wald_ALL: \sum_i^{j+} \beta_1^+ \Delta P_{jt-i}^+ = \sum_i^{j-} \beta_1^- \Delta P_{jt-i}^-$; (EAPA); $Wald_ECT: \beta_2^+ ECT_{t-1}^+ = \beta_2^- ECT_{t-1}^-$

Discussão

A análise de estacionariedade indicou a existência de quebras estruturais a partir de 2013, algo também indicado pela inspeção gráfica das séries. A consideração dessas quebras fez com que o modelo de Houck não rejeitasse o comportamento simétrico da transmissão de preços nesse mercado. A comparação deste resultado com o modelo sem retirar as quebras estruturais (que indicaram assimetria de transmissão de preços) evidencia a importância de testes de quebras estruturais na análise de transmissão de preços.

Diversos fatores podem ser elencados para que a ATP não esteja presente entre os elos da cadeia de produção da erva-mate no Rio Grande do Sul, tais como: i) a predominância de empresas de pequeno porte tanto no beneficiamento quanto na produção primária (feita sobretudo pela agricultura familiar) (Antoni, 1999); ii) a não existência de barreiras à entrada de concorrentes (Antoni, 1999); iii) a forte competição no varejo, com inúmeras marcas com baixo grau de diferenciação entre elas, fazendo com que o padrão concorrencial seja via preços.

Conclusões

O presente trabalho buscou contribuir com a literatura setorial investigando o comportamento dos preços no mercado de erva-mate no Rio Grande do Sul. Os resultados indicaram um

comportamento simétrico na transmissão dos preços entre os elos produtor e varejo. Apesar desse resultado condizente com um mercado competitivo, a existência de quebras estruturais reforça a importância de novas pesquisas, sobretudo, no que tange ao aumento da volatilidade dos preços a partir de 2013. Em suma, espera-se que com pesquisas dessa natureza possam-se desenhar estratégias para desenvolver ainda mais o mercado ervateiro brasileiro, dada sua relevância econômica e regional.

Referências bibliográficas

- ANTONI, V. A estrutura competitiva da indústria ervateira do Rio Grande do Sul. *Revista Teoria e Evidência Econômica.*, v. 7, n. 12, p. 49–68, 1999.
- CHECHI, L. A., SCHULTZ, G., FERRONATTO, E. M. D. O., & MONTAGNER, J. Ativos territoriais e desenvolvimento: estudo da articulação pela indicação geográfica da erva-mate no polo ervateiro Alto Taquari-RS. *Revista Estratégia e Desenvolvimento*, v. 1, n. 1, p. 16–34, 2017
- COSTA, V. J. F.; ROGÉRIO, S. M.; GLAUCO, R. C. Assimetria de preços na cadeia produtiva do leite UHT no Brasil. *Texto para Discussão*. Universidade Federal de Juíz de Fora, 2018.
- DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA (DEE). Indicadores. Data de acesso: 22/10/2020. Disponível em: <http://feedados.fee.tche.br/feedados/>
- GRANGER, C. W. J., & LEE, T. H. Investigation of Production, Sales and Inventory Relationships Using Multicointegration and Non-Symmetric Error Correction Models. *Journal of Applied Econometrics*, v.4, p. 145–159, 1989.
- HOUCK, J. P. An Approach to Specifying and Estimating Nonreversible Functions. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 59, n. 3, p. 570–572, 1977.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal - PAM. Data de Acesso: 22/08/2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=o-que-e>
- INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS ECONÔMICAS (IEPE) - UFRGS. (2020). Boletim Econômico. Data de Acesso: 20/08/2020. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/iepe/iepebanco/>
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA (IPEA). (2020). Banco de Dados. Data de Acesso: 24/08/2020. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>
- LEE, J., & STRAZICICH, M. C. Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks. *The Review of Economics and Statistics*, v. 85, n. 4, p. 1082–1089, 2003.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS (MDIC). Comex Stat. Data de Acesso: 24/08/2020. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>
- VON CRAMON-TAUBADEL, S. Estimating asymmetric price transmission with the error correction representation: An application to the German pork market. *European Review of Agricultural Economics*, v. 25, n. 1, p. 1–18, 1998.
- VON CRAMON-TAUBADEL, S., & MEYER, J. Asymmetric Price Transmission: Fact or Artefact?. University Göttingen, Institut for Agricultural Economy, Working Paper, 2000.

Paisaje cultural de la yerba mate

García, Edgar¹; Bray, Bettina²; Escobar, Cristina³

¹Experto en Patrimonio Natural, UNESCO, Mariano Roque Alonso, vyaturismo01@gmail.com

²Experto en Patrimonio Cultural, UNESCO, Asunción, bettinabray7@gmail.com

³Directora de Patrimonio, SENATUR, Asunción, cescobar@senatur.gov.py

Resumen: El presente trabajo es un resumen de las acciones emprendidas en el marco del Proyecto “Actualización y Armonización de Lista Indicativa del País” financiado por UNESCO, en el que se ha incorporado a la Lista Indicativa País, entre otros bienes naturales y culturales, el Paisaje Cultural de la Yerba Mate, para lo cual se han recorrido los diversos modelos de producción de yerba mate en el país, dando énfasis al componente social asociado a las diferentes etapas de proceso. Como resultado, se ha configurado un modelo de Paisaje Cultural de la Yerba Mate, que caracteriza los diferentes modelos y busca rescatar la diversidad de la producción del mismo producto, que identifica la cultura paraguaya. Por su valor ecológico, genético, cultural y nutricional, la yerba mate está incluida formalmente como elemento de conservación en algunos de los Planes de Manejo de las áreas protegidas de la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) en Paraguay. En las áreas protegidas de esta ecorregión existen remanentes de las comunidades naturales del BAAPA en donde aún existen muestras representativas de la vegetación de la zona, donde también se encuentra la yerba mate como elemento de la biodiversidad que se conserva.

Palabras clave: Yerba Mate. Paisaje Cultural. Patrimonio Cultural.

Introducción

El proceso de declaratoria de un bien natural o cultural como sitio de patrimonio mundial, se inicia por la integración de una Lista Indicativa enviada por el Estado Parte a la UNESCO. Esta lista puede ser actualizada de manera permanente, sin embargo; para ser postulado algún bien a la lista de Patrimonio Mundial, debe estar como mínimo un año en la lista indicativa, de manera a dar tiempo a los demás países a opinar sobre el mismo.

Durante décadas Paraguay ha mantenido una Lista Indicativa, compuesta principalmente por bienes naturales, los que con el paso del tiempo han alterado la calidad del Valor Universal Excepcional por el que han integrado dicha lista. Con este escenario un equipo técnico coordinado por la SENATUR se ha encargado de actualizar y armonizar la Lista Indicativa de Paraguay, haciendo un relevamiento, caracterización y priorización de bienes naturales y culturales.

Como resultado, a mediados del año 2022 se ha presentado a la UNESCO una nueva lista indicativa que armoniza los formularios de bienes ya existentes y presenta nuevos bienes naturales y culturales, entre ellos se presenta, por primera vez un bien en la categoría de Paisaje Cultural

El Valor Universal Excepcional del Paisaje Cultural de la Yerba Mate (PCYM) es determinado por una serie de valores naturales y culturales que forman parte esencial de forma de vida del paraguayo.

Los territorios adjudicados a la explotación de la yerba mate, luego de la guerra de la triple alianza, hoy expropiados y declarados distritos, traen consigo un valor patrimonial de indudable tenor humano y universal que se justifica en el derecho humano de acceso a la tierra y el resguardo de la memoria de los descendientes de los mensúes que configuraron la identidad de los dos pueblos y ciudades actuales en la extensa ruta yerbatera de la región oriental paraguaya.

El PCYM forma parte de territorios que dependieron de la yerba mate por generaciones: paraguayos e indígenas dejaron en sus narrativas orales, escritas y costumbristas los mitos, leyendas e historias basadas en los trabajos en los boques, la alimentación, las viviendas y las crueles persecuciones por deudas de los trabajadores de estos lugares.

Las estructuras edilicias de las sedes administrativas de la empresa fueron demolidas paulatinamente, sin embargo, quedaron los patrimonios tangibles en viviendas de capataces y obreros, de todas las herramientas y materiales de uso de los trabajadores, rescatados en museos y centros de interpretación, cuya memoria se rescata todos los años en diversos festivales que resguardan la memoria histórica.

A lo largo de la historia de la Región, la producción de yerba mate forma parte de la economía, cultura y tradiciones de la población. Hoy, la yerba mate forma parte esencial de la alimentación del paraguayo, independiente de su clase social y ubicación en el territorio. El consumo del mate y el terere es un elemento común de los habitantes de la región y su valor cultural esta evidenciado en músicas, cuentos, relatos, poesías, mitos y leyendas.

Materiales y métodos

Según la UNESCO, los paisajes culturales, son lugares que combinan el trabajo de la naturaleza y el ser humano, y que son ilustrativos de la evolución de la sociedad humana y del uso del espacio a lo largo del tiempo, bajo la influencia de limitaciones físicas y/o oportunidades presentadas por el medio natural y de sucesivas fuerzas sociales, económicas y culturales.

El Paisaje Cultural de la Yerba Mate, es un paisaje que por medio de sus cuatro zonas rescata los sistemas productivos y procesos culturales asociados a la producción de la yerba mate. La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es un producto de consumo transversal en la cultura y en la economía de Paraguay, Brasil, Uruguay y Argentina, además es un producto consumido en la región Latinoamericana y recientemente un producto de exportación a países europeos y asiáticos.

Su historia está profundamente enraizada en el pueblo paraguayo desde sus orígenes, iniciando su uso en las comunidades originarias, quienes la consumieron en forma de infusión, hasta la llegada de los colonos europeos; en los inicios de la evangelización jesuítica fue prohibido su uso, medida que luego fue revertida y la extracción y venta de yerba mate se convirtió en una de las principales actividades socioeconómicas de la colonia. Sin embargo, la yerba mate también está ligada a crueles formas de explotación que vivieron los pueblos originarios y paraguayos desde tiempos de la colonia hasta mediados del siglo XX.

Es importante mencionar que la Yerba Mate o *Ilex paraguariensis*, es una especie endémica del Bosque Atlántico Interior uno de los ecosistemas en mayor peligro de desaparición, a nivel global, debido al cambio de uso del suelo al cual está siendo sometido. Por su valor ecológico, genético, cultural y nutricional, la yerba mate está incluida formalmente como elemento de conservación en algunos de los Planes de Manejo de las áreas protegidas de la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) en Paraguay.

En las áreas protegidas de esta ecorregión existen remanentes de las comunidades naturales del BAAPA en donde aún existen muestras representativas de la vegetación de la zona, donde también se encuentra la yerba mate como elemento de la biodiversidad que se conserva.

Actualmente el cultivo de la Yerba Mate se desarrolla desde el bosque nativo, pequeñas fincas familiares o comunitarias y en plantaciones industriales dentro o fuera del bosque, todas estas maneras de producción conforman la propuesta de Paisaje Cultural de la Yerba Mate.

Entendiendo que la producción de yerba mate se realiza en la mayor parte de la región Oriental del país, se ha definido unos elementos trasversales que deben contener, los diversos territorios.

Elementos transversales

- Historia de la producción: deben representar una etapa o modelo de producción que esté vigente hasta la fecha
- Sostenibilidad ambiental: Los modelos de producción deben tener criterios de sostenibilidad ambiental
- Sostenibilidad social: los modelos de producción deben tener criterios de sostenibilidad social, respeto de las normas laborales y manejo adecuado de personal y colaboradores
- Representación cultural: por medio de museos, centros de interpretación, música, cuentos, leyendas
- Incursión en la gastronomía: de manera directa o indirecta, tanto en el uso de la yerba mate como de gastronomía asociada a su producción
- Desarrollo turístico: facilitando accesos a los sistemas productivos, desarrollo de merchandising, artesanía etc.
- Arquitectura Típica: representativa de los modelos productivos históricos

Criterios de delimitación para definir las diferentes zonas y acotar los territorios de las mismas

- Integrar el paisaje visualmente: en las diferentes zonas se debe identificar el sitio de producción de la YM, pueden ser visitados los árboles, ya sean cultivados o en el bosque.
- Incluir industrias yerbateras: Todas las zonas deben contar con un modelo de planta productora que las caracteriza y se puedan visitar.
- Considerar producción artesanal: aquella de pequeña escala para comercio familiar o local
- Mencionar las historias del Mensú y otras tradiciones: todas las tradiciones vinculadas a los diferentes usos de la YM
- Importancia en gastronomía: tanto de la YM como materia prima, super alimento o alimentos vinculados a su producción
- Componente espiritual/tekoha guasu mbya: la importancia de la YM en la cosmovisión de los pueblos originarios
- Centro yerbatero: Contar con su consenso
- Capital de la yerba mate: y otras denominaciones de ciudades que toman a la yerba mate como ícono de su localidad
- Ruta turística de la yerba mate, en sus diversas versiones
- Museos y centros de interpretación, relacionados con la producción, cultura y conservación de la yerba mate

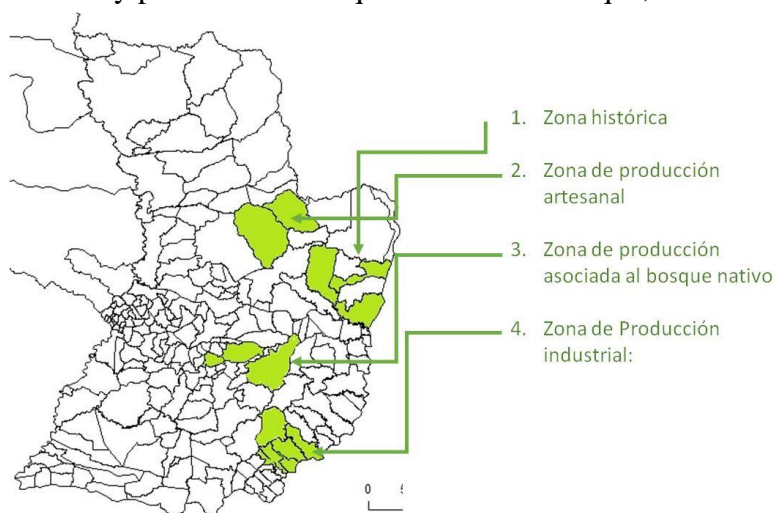
Teniendo en cuenta a la existencia de los elementos transversales además de los criterios de delimitación, la ocurrencia de puntos de observación de los mismos y teniendo en cuenta la que la mínima organización administrativa del territorio son los distritos, se ha configurado la zonificación del PCYM.

Resultados y discusión

Los territorios visitados, hoy ya no cuentan con la explotación de Yerba Mate a gran escala, viéndose esta industria sustituida desde mediados del Siglo XX por la agricultura mecanizada para la producción de granos para la exportación en los actuales territorios. Sin embargo, el ámbito de producción yerbatera se ha ampliado en lo que hoy se conoce como el cinturón yerbatero que ocupa alrededor del 50% de la Región Oriental del País. En la actualidad se pueden diferenciar modelos de paisajes relacionados con la historia, cultura y producción de la

yerba mate, con diferentes modelos y escalas de producción. Todos ellos mantienen vivo el legado de la cultura guaraní asociada a la Yerba Mate.

- Zona histórica: cuenta con hitos en la historia de la producción yerbatera en diferentes periodos de la historia, sitios en los que se encuentran elementos históricos y manifestaciones culturales tanto de poblaciones tradicionales como comunidades indígenas.
- Zona de producción artesanal: se caracteriza por la presencia de Yerba Mate en bosque nativo y prácticas de enriquecimiento de bosque, sitios en los que se encuentra la yerba mate en estado natural y relacionada con cadenas productivas artesanales, y enfoque de comercio local



mate en estado natural y relacionada con cadenas productivas artesanales, y enfoque de comercio local

- Zona de producción asociada al bosque nativo: áreas de producción asociada a cultivo o cosecha de yerba mate asociada al bosque nativo, acopio de productos de comunidades indígenas y

campesinas, procesamiento industrial de la materia prima y comercio regional.

- Zona de Producción industrial: Modelos de producción intensiva, en general asociada a plantaciones de Yerba Mate a cielo abierto, producción industrial y con enfoque de mercado nacional e internacional

El PCYM es incorporado a la Lista Indicativa de Paraguay, bajo los siguientes criterios de selección, hay que tener en cuenta que el bien a ser postulado debe cumplir con alguno de los 10 criterios establecidos en la convención del Patrimonio Mundial

Criterio v): El PCYM es un ejemplo sobresaliente de como un recurso natural, se integra a lo largo de la historia en la cultura y a la vida de la población local, formando parte de su identidad y sentido de pertenencia. Por medio de las cuatro zonas del PCYM, se protegen modelos de producción y uso que modelan el paisaje y uso continuo de la tierra, en el que el esfuerzo colectivo de varias generaciones de familias campesinas generó prácticas innovadoras de manejo de los recursos naturales en condiciones geográficas extraordinariamente desafiantes.

El fuerte enfoque de la comunidad en la producción de Yerba Mate en todos los aspectos de la vida produjo una identidad cultural un proceso productivo, que fluyen desde la producción artesanal de comunidades campesinas e indígenas, pasando por empresas del ámbito local y empresas de producción industrial.

Criterio vi): La tradición yerbatera es uno de los símbolos más representativos de la cultura nacional de Paraguay y de la Región, materializado en un sin número de manifestaciones culturales como canciones, danzas, poesías, cuentos, mitos, y leyendas, que ponen en relieve la relación del paraguayo con la yerba mate y sus usos más tradicionales como el mate y el terere por lo cual el país ha ganado reconocimiento mundial.

En el PCYM esta cultura yerbatera ha dado lugar a ricas manifestaciones tangibles e intangibles en el territorio, con un legado único, que se busca proteger los diversos tipos de producción de Yerba Mate, desde la extracción de yerbales naturales ubicados en boques protegidos y con

producción artesanal con el típico barbacuá hasta la producción industrial con cultivos de Yerba Mate a cielo abierto. El PCYM incluye una serie de museos, que conservan la rica historia cultural ligada a la Yerba Mate, atractivos turísticos y centros de interpretación que pretenden socializar el rico legado y centros de producción artesanal, en los que los pueblos originarios, mantienen viva la relación de la Yerba Mate y su espiritualidad.

Agradecimientos

Agradecemos el aporte desinteresado e información facilitada por las siguientes personas:

Ing. Guillermo Garay, técnico de Guayaki SA

Lic. Némesis Carballo, encargada de la oficina Regional de SENATUR de Villarrica

Lic. Fabiana Franco, funcionaria de la oficina Regional de SENATUR de Villarrica

Lic. Alma Silguero, secretaria de turismo de la gobernación de Guairá

Ing. Víctor Masloff, consultor de industrias yerbateras, especialista en yerba mate

Lic. Rocío Maldonado, Jefa de la oficina Regional de Alto Paraná de SENATUR

Lic. Mirtha Alfonso, Arqueóloga del Museo de Itaipú Tierra Guaraní

Lic. Christian Benítez, encargado del Museo Mensú de Ciudad del Este

Referencias Bibliográficas

Proyecto 4664300002PAR-Elaboración del inventario del Patrimonio Natural y Cultural de Paraguay para la lista Indicativa/Patrimonio Mundial 2010

DANILO A. SALAS DUEÑAS, MARÍA ISABEL FERREIRA, Editores-1era ed.- Fundación Moisés Bertoni, Ministerio Federal de Cooperación y Desarrollo Alemán y Global Nature Fund.2015

MIRÓ, M.; [https:// cultura.gov.py/La yerba mate en la cultura guaraní y el origen del tereré/Secretaría Nacional de Cultura.2015](https://cultura.gov.py/La_yerba_mate_en_la_cultura_guaraní_y_el_origen_del_tereré/Secretaría_Nacional_de_Cultura.2015)

AVALOS, R.; https://2017-2020.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/yerba_mate.pdf

Análisis de preferencias de las yerbas mates producidas en Itapúa

Benítez Britz, Virgilio Noel^{1,*}; Encina Ariste, Ana Paula²; Meza Prieto, Johana Elizabeth³; Zarza Melgarejo, Richard Tadeo⁴

¹Profesor/Analista senior. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción – Campus Itapúa. Encarnación, *virgilio.benitez@uc.edu.py

²Analista Trainee. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción – Campus Itapúa. Encarnación

³Analista Trainee. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción – Campus Itapúa. Encarnación

⁴Analista Junior. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción – Campus Itapúa. Encarnación

Resumen: El objetivo de la investigación es el análisis de las preferencias de las yerbas mates producidas en Itapúa mediante la cuantificación del impacto que tienen algunas variables en las preferencias de la yerba mate por medio de modelos de regresión lineal múltiple, al cual se aplica la evaluación de los supuestos que contemplan dicho modelo a través de los test Shapiro, Breush Pagan, Watson-Durbin, entre otros. Agregando a lo anterior, se contempla la agrupación de las yerbas mates mediante patrones socioeconómicos y de preferencias a través de la elaboración de un clustering o análisis de conglomerados mediante el método de distancia euclidiana. La investigación se basó en un enfoque cuantitativo, correlacional y de corte transversal. Se ha tomado una muestra de 105 habitantes de forma aleatoria simple con reposición, dicha muestra representa el 95% del nivel de confianza estadístico. Los datos fueron recopilados durante las primeras semanas del mes de julio del año 2023 en la zona urbana de la ciudad de Encarnación, Departamento de Itapúa. Después de haber analizado las preferencias de los individuos encarnacenos se pudo determinar que las variables significativas para las mismas son la presentación de la yerba en cuanto a tamaño y precio, siendo el precio la variable de mayor impacto en las preferencias. Por lo que, por cada unidad que se encuentre “de acuerdo” el consumidor con relación al “precio”, la preferencia por la yerba seleccionada aumenta en 0,36 centésimas. Con relación a los test aplicados, se generaron dos grupos de yerbas obtenidos por patrones socioeconómicos como sexo, ingresos, edades y otras variables preferenciales (sabor, presentación, entre otras). Es decir, los que prefieren Yerba1 tienen patrones distintos de los que consumen las demás yerbas. Por otro lado, los que consumen Yerba2 y Yerba3 tienen características similares en cuanto a los patrones (edad, sexo, ingresos y otras variables preferenciales). Situación parecida ocurre con los consumidores que prefieren Yerba5, Yerba6 y Yerba4. A partir de este análisis surgen nuevas hipótesis a ser estudiadas en el futuro como la preferencia de la yerba mate con respecto a otros productos sustitutos. Del mismo modo, podría ser factible estudiar la preferencia de la yerba mate en otros mercados internacionales de manera a que las yerbateras puedan evaluar la factibilidad de la exportación en mercados internacionales no aprovechados aún.

Palabras clave: Mercado. Consumo. Paraguay.

Introducción

La yerba mate es una planta que se utiliza principalmente en el Sur de América para la elaboración de una bebida bastante similar al té (Purcaro y otros, 2009).

En ese sentido, el consumo más frecuente de la yerba mate se da a través del mate caliente, el tereré o por medio de una infusión. Los mismos se identifican en los distintos mercados como Argentina, Paraguay o Uruguay (Linares, Hase, Vergara, & Resnik, 2010).

El mercado nacional (Paraguay) experimenta la comercialización de innumerables marcas de yerba mate, aunque no se cuenta con datos relacionados de la forma en que consumen los individuos, ni tampoco de sus preferencias (Ferreira Irala, & otros, 2022).

Aunque la comercialización de la yerba mate tanto en el mercado interno como así también en el mercado externo representan un estímulo económico para todas las personas dedicadas a la producción de yerba mate en Itapúa (Paraguay) (Arriola, Bohn, Jerke, & Quintana, 2020) no se cuentan con estudios que puedan favorecer o incrementar la comercialización mediante el conocimiento de patrones socioeconómicos y preferenciales.

Es por tal motivo, que se plantea como objetivo general el análisis de las preferencias de las yerbas mates producidas en Itapúa mediante dos objetivos específicos:

- Cuantificar el impacto que tienen algunas variables en las preferencias de la yerba mate por medio de modelos de regresión lineal múltiple.
- Agrupar las yerbas mates mediante patrones socioeconómicos y de preferencias a través de la elaboración de un clustering o análisis de conglomerados.

Por tanto, este estudio, permitirá a las distintas empresas dedicadas a la producción y comercialización de la yerba mate a conocer las variables de mayor incidencia en las preferencias de los consumidores, y a la vez, como se agrupan las distintas marcas de acuerdo con patrones socioeconómicos y de preferencias.

Materiales y Métodos

La investigación es cuantitativa, correlacional y de corte transversal. Los datos se obtuvieron mediante la aplicación de una encuesta aleatoria simple con reposición, durante las primeras semanas de julio del año 2023 en la zona urbana de la ciudad de Encarnación.

Los barrios elegidos para la muestra se escogieron en base a la densidad demográfica, seleccionando 10 viviendas por manzana y con reposición.

El rango de edad fue de 20 a 54 años de edad. En ese sentido, la población de Encarnación que se encuentra dentro de ese rango de edad es de 61.657 según las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística.

Las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística no discriminan entre zonas urbanas y rurales, sin embargo, la media nacional es de 59% población urbana y 41% población rural, por tanto, la población de Encarnación que se encuentra dentro del rango de edad de entre 20 a 54 años dentro de la zona urbana de la mencionada ciudad aproximadamente es de 36.377 personas. Por tanto, se tomaron 105 muestras que representa un 95% de nivel de confianza y 10% de margen de error.

Para evaluar el modelo lineal del Objetivo Específico N° 1 se tuvieron en cuenta los siguientes supuestos:

- a) Normalidad mediante el test de Shapiro – Wilk: $SW = \frac{1}{SCE} [\sum_K (a_{k,n} * d_{(k)})]^2$
- b) Independencia de los errores elaborados a través del test Watson – Durbin $DW = \frac{\sum_{t=1}^T 2(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T e_t^2}$
- c) Para saber si el modelo es Homocedastico o heterocedastico se aplicó el test de Breusch and Pagan: $\hat{e}_i^2 = \delta_0 + \delta_1 x_1 + \delta_2 x_2 + u$
- d) Para evaluar la multicolinealidad se utilizó el Factor de Inflación de Varianza (VIF): $VIF = \frac{1}{1 - R_i^2}$
- e) La linealidad se evaluó a través del gráfico residuals vs fitted

En la segunda etapa se realizó un cluster mediante la distancia euclidiana con las variables socioeconómicas y de preferencias. $D_{ij} = \sqrt{\sum_{p=1}^k (x_{ip} - x_{jp})^2}$

Resultados y discusión

Primeramente, se exponen los resultados de la ecuación utilizada, donde se logaritiza la variable dependiente que es el nivel de preferencias que tiene el consumidor con relación a la yerba (yerba_preferencias_t) y las variables independientes que son variables socioeconómicas, de preferencias sobre presentación, tipo de gustos, tamaño y precio.

Tabla 1. Resumen de resultados del modelo regresión lineal.

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.494464	0.094127	-5.253	1.14e-05 ***
generoMasculino	0.081251	0.129484	0.627	0.5351
ingresos_t	-0.134470	0.088331	-1.522	0.1384
peso_1K_t	0.140396	0.096870	1.449	0.1576
peso500gr_t	0.165876	0.097425	1.703	0.0990 .
peso250gr_t	-0.053287	0.087602	-0.608	0.5476
presentacion_bolsa_t	-0.117881	0.075480	-1.562	0.1288
edad_t	-0.005506	0.055573	-0.099	0.9217
presentacion_caja_t	0.047619	0.073450	0.648	0.5217
presentacion_papel_t	0.110413	0.061044	1.809	0.0805 .
presentacion_doypack_t	-0.067314	0.061543	-1.094	0.2828
gusto_saborizada_t	-0.064083	0.063006	-1.017	0.3172
gusto_fuerte_t	0.069758	0.058988	1.183	0.2463
gusto_suave_t	-0.023156	0.061742	-0.375	0.7103
alcance_t	0.029946	0.083073	0.360	0.7210
precio_t	0.151946	0.062153	2.445	0.0206*
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Multiple R-squared: 0.3709, Adjusted R-squared: 0.05642				
F-statistic: 1.179 on 15 and 30 DF, p-value: 0.338				

Fuente: Elaboración propia de los autores

Al observar los resultados de la primera ecuación y considerando que se tiene solo algunas variables significativas y no es significativa a nivel global, ya no es necesario evaluar el modelo y se procede a elaborar una segunda ecuación denominada ols2 (Aldás & Uriel, 2017), teniendo como variable dependiente siempre al nivel de preferencias del consumidor (yerba_preferencias) y las siguientes variables independientes: peso de 500 gr (peso500gr), presentación en papel (presentacion_papel) y precio. En ese sentido, las variables de incidencias de preferencias como precio y tamaño coinciden con el trabajo realizado por (Kwan Chung, & otros, 2020), aunque el mencionado trabajo se ha elaborado con una estadística descriptiva básica.

La ecuación ols2 queda de la siguiente manera: $\ln(\text{formula} = \text{yerba_preferencia} \sim \text{peso500gr} + \text{presentacion_papel} + \text{precio}, \text{data} = \text{datos})$

Tabla 2. Modelo Ols2

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.96188	0.75855	5.223	1.15e-06 ***
peso500gr	0.15952	0.04860	3.282	0.00147 **
presentacion_papel	0.06713	0.04471	1.502	0.13675
Precio	0.36134	0.07570	4.773	7.07e-06 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 1.236 on 89 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.2871, Adjusted R-squared: 0.2631				
F-statistic: 11.95 on 3 and 89 DF, p-value: 1.203e-06				

Fuente: Elaboración propia de los autores

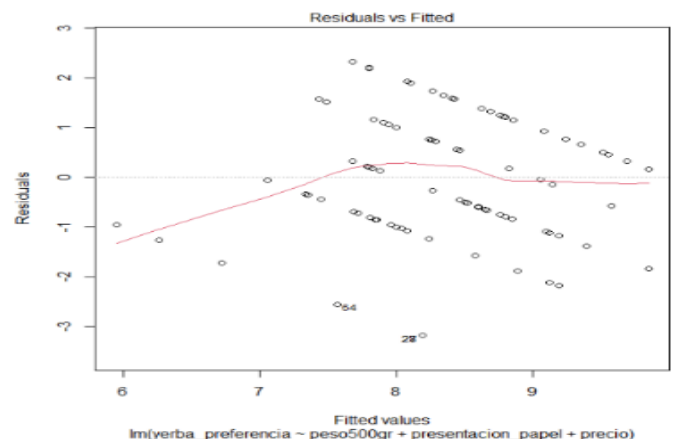
En ese sentido la ecuación ols2 arroja un test F menor que 5% por tanto se puede inferir de que el modelo es significativo a nivel global. Todas las variables de la ecuación, salvo la presentación_papel son significativas a nivel individual.

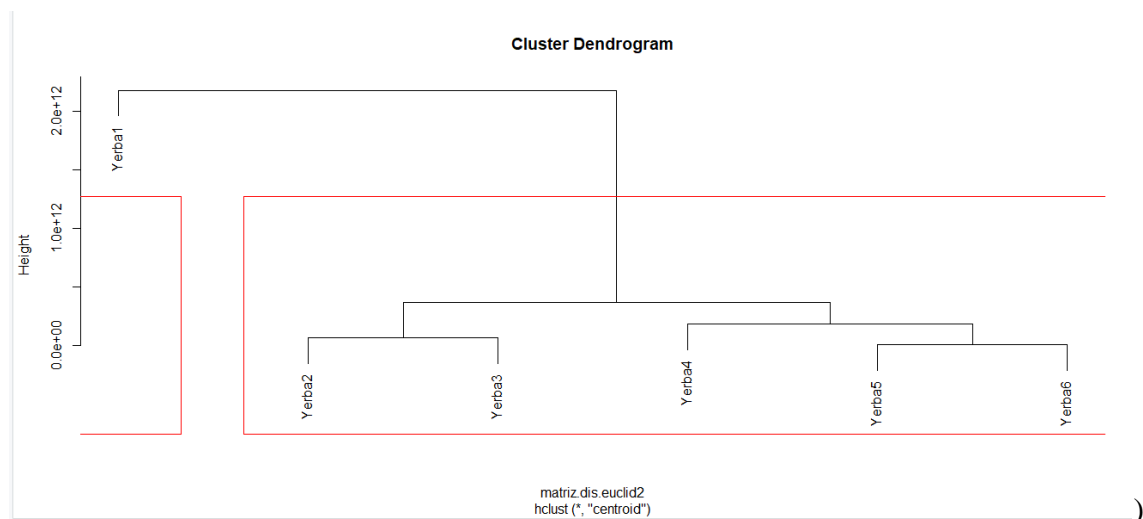
En ese sentido, la variable peso500gr tiene una contribución de 0,15 centésimas a la preferencia de los consumidores. En cuanto a la variable de precio, por cada unidad en la que se encuentra “de acuerdo” el consumidor con relación al precio de la yerba, su preferencia se incrementa en unas 0,36 centésimas, manteniéndose todos los demás factores constantes.

Posteriormente, para evaluar la especificación del modelo se somete a la prueba de Ramsey La prueba de p-value arrojó un resultado de 0.1676, lo que significa que el modelo es relevante y por lo tanto hay evidencia a favor de que la forma funcional es correcta.

Se puede utilizar para la evaluación de normalidad de los residuos el test de Shapiro Wilk (Flores Tapia & Flores Cevallos, 2021) cuyo resultado de p-value fue 0.2118 mayor que 0,05, y por tanto se acepta la hipótesis de normalidad de los residuos.

La prueba de linealidad se realizó a través del plot. Se puede observar que la línea roja prácticamente es horizontal, salvo la parte del extremo izquierdo (





Para este punto también se utilizó el paquete gvlma del software RStudio.

Figura 1. Residuals vs fitted

Fuente: Elaboración propia de los autores

El test de Watson –Durbin brinda una posibilidad de evaluación de las estimaciones de las varianzas de un modo confiable (Hill & Flack, 1987). En ese sentido, en esta investigación se tiene un p-value 0.964 mayor que 5%. Por tanto, se acepta la hipótesis de la independencia de errores.

Posteriormente se evalúa la homocedasticidad del modelo mediante el test Breusch-Pagan, atendiendo que la misma es una prueba robusta (Halunga, Orme, & Yamagata, 2017). Dicho test arrojó un p-value de 0.1196 que es mayor que 5%, por tanto, se acepta la hipótesis de homocedasticidad del modelo.

Por último, se analiza la multicolinealidad del modelo mediante el VIF. Todas las variables analizadas se encuentran por debajo del valor del 5%, por tanto, se puede inferir de que no existen variables que se correlacionan entre sí.

Cluster

El análisis de cluster (Figura 2) es encontrar las estructuras ocultas, patrones en los datos o características compartidas entre distintas variables. Al aplicar el método de distancia euclidiana se obtienen las distancias de las yerbas en donde la “Yerba5” y “Yerba6” son las que poseen menor distancia entre sí y una mayor distancia entre la “Yerba1” e “Yerba3”. La gráfica muestra claramente que se generaron dos grupos, por lo que las estrategias comerciales deben diferenciarse atendiendo el conglomerado.

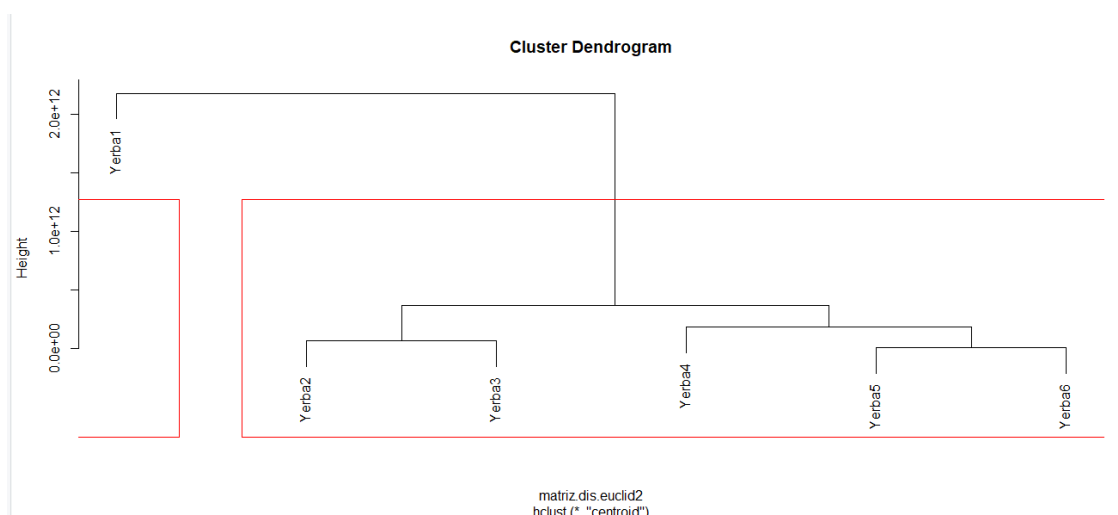


Figura 2. Cluster Dendrogram

Fuente: Elaboración propia de los autores

Conclusión

Después de haber analizado las preferencias de los individuos encarnacenos se puede determinar que las variables significativas para las mismas son la presentación de la yerba en cuanto a tamaño y precio, siendo el precio el de mayor impacto en las preferencias. Es decir, por cada unidad que se encuentre “de acuerdo” el consumidor con relación al “precio”, la preferencia por la yerba seleccionada aumenta en un 0,36.

Con relación al cluster, se generaron dos grupos de yerbas obtenidos por patrones socioeconómicos como sexo, ingresos, edades y variables preferenciales. Es decir, los que prefieren Yerba1 tienen patrones distintos que los que consumen las demás yerbas. Por otro lado, los que consumen Yerba2 e Yerba3 tienen características similares en cuanto a los patrones (edad, sexo, ingresos y variables preferenciales). Situación parecida ocurre con los consumidores que prefieren Yerba5, Yerba6 y Yerba4.

Por otro lado, se puede señalar que la investigación puede ser profundizada utilizando otros modelos como logit para determinar probabilidades de elecciones de marcas de yerbas o mediante componentes principales para caracterizar las variables sometidas en el estudio.

Agradecimiento

A la Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” – Campus Itapúa.

Referencias Bibliográficas

- ALDÁS, J., & URIEL, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado con R*.
- ARRIOLA, M., BOHN, D., JERKE, G., & QUINTANA, L. (2020). Identificación de especies de *Aspergillus* en yerba mate del departamento de Itapúa, Paraguay. *Horticultura Argentina*.
- LINARES, A. R., HASE, S. L., VERGARA, M. L., & RESNIK, S. L. (2010). Modeling yerba mate aqueous extraction kinetics: Influence of temperature. *Journal of Food Engineering*.
- Ferreira Irala, M. M., Fernández Ríos, D., Ecurra Arévalos, J. A., Benítez Candia, N., Benítez Rodas, G. A., Parra González, Y. R., & Arrúa Widmer, A. A. (2022). Estudio exploratorio sobre usos y preferencias de la yerba mate en Paraguay. *Estudios e Investigaciones del Saber Académico*.
- FLORES TAPIA, C. E., & FLORES CEVALLOS, K. L. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas*.

- HALUNGA, A., ORME, C., & YAMAGATA, T. (2017). Una prueba de Breusch-Pagan robusta de heteroscedasticidad para la correlación contemporánea en modelos de datos de panel dinámicos. *Diario de Econometría*.
- HILL, R., & FLACK, H. (1987). El uso del estadístico d de Durbin-Watson en el análisis de Rietveld. *Revista de Cristalografía Aplicada*.
- KWAN CHUNG, C., CÁCERES LUGO, A., MONGELÓS BENÍTEZ, F., VILLALBA SOTTO, M., BRÍTEZ ROLÓN, A., & ESTIGARRIBIA CANO, A. (2020). Top of mind de la yerba mate en los consumidores de Asunción - Paraguay . *Revista de Análisis y Difusión de perspectivas educativas y empresariales*.
- PURCARO, G., TRANCHIDA, P. Q., JACQUES, R., BASTOS, E., MORET, S., CONTE, L., MONDELLO, L. (2009). Characterization of the yerba mate (*Ilex paraguariensis*) volatile fraction using solid-phase microextraction-comprehensive 2-D GC-MS. *J. Sep.* doi:10.1002/jssc.200900343

Consumo de yerba mate en la comunidad educativa de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción

Ruiz Samudio, Fanni Petrona¹; Britos, Ubaldo Tadeo²; Sanabria Verón, Nadia³; Ramirez, Plinio Esteban⁴; Resquín-Romero, Gloria Arminda⁵

¹Docente/Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Dirección de Investigación, San Lorenzo, fruiz@agr.una.py

²Docente/Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Dirección de Investigación, San Lorenzo, ubaldo.britos@agr.una.py

³Docente/Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Carrera de Ingeniería Agronómica, San Lorenzo, nsanabria@agr.una.py

⁴Docente/Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Carreara de Licenciatura en Administración Agropecuaria, San Lorenzo, esteban.ramirez@agr.una.py

⁵Docente/Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción/Carrera de Ingeniería Agronómica, San Lorenzo, gloresqx@agr.una.py

Resumen: La planta de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es muy apreciada en varios países de América del Sur en especial en nuestro país, su consumo como bebida fría (Terere) es uno de los hábitos más típico en Paraguay. El objetivo de esta investigación fue analizar las características del consumo de la yerba mate dentro de la comunidad educativa de la FCA. Este trabajo se localizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA/UNA), Paraguay. Se utilizó un enfoque descriptivo donde la población meta fue la comunidad educativa de la FCA/UNA, Casa Matriz y Filiales ubicadas en los Dptos. San Pedro, Misiones, Caazapá, Pedro Juan Caballero y Boquerón Chaco Paraguayo. La muestra obtenida fue de 119 individuos determinado con 95% de confianza, 0.91 de probabilidad de éxito para el consumo de la yerba mate y un error de estimación del 0.05. El muestreo fue aleatorio simple, se aplicó encuesta electrónica por *Google Forms* distribuidas por las redes sociales y se realizaron análisis descriptivo y asociativo. Los resultados destacaron a una población activa y saludable, que realizan actividades físicas y el consumo de sustancias psicoactivas fue de bajo porcentaje. La yerba mate se prefirió tanto como terere o mate, de consumo diario que se inicia en la adolescencia. Se consume por costumbre sin embargo está asociada significativamente con la creencia que tiene beneficios sobre la salud. La cantidad de infusión y yerba consumida tienen mucha variabilidad, la yerba es reutilizada con muy poca frecuencia. El costo no fue tan considerado, pero sí la calidad y la presentación del empaque, se prefieren los saquitos o cajas. La yerba compuesta o saborizada fueron bastante aceptadas. Las marcas nacionales fueron las preferidas, en primer lugar, fue la Kurupi, seguido inmediatamente de Campesino, y luego Indega y Colon.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Comunidad Educativa. Infusiones. Terere.

Introducción

La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es una planta muy apreciada en varios países de América del Sur, ya que tiene diversos usos, es especial en Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay, extendiéndose a algunas regiones de Chile y Bolivia, España, Alemania, Francia y Siria. Su consumo data de la época de la conquista de los españoles, donde los originarios de estas tierras eran los que lo consumían en su estado natural, formaba parte del ritual de hospitalidad y se dio su origen en la mitología de los guaraníes. Al consumo de su infusión se le atribuyen

capacidades importantes. Se han comprobado efectos beneficiosos como antifatigante y energizante (Souza et al., 2015); tiene efecto anorexigénico; digestivo, diurético y laxante, tónico y estimulante general, fortalece la actividad cardiomuscular, produce regeneración celular, estimula la acción cerebral y posee efecto antioxidante (Holovatty, 2018). Actualmente, el consumo de la yerba mate ha alcanzado incluso a otros continentes, por lo que su demanda es más extensa. Dicho motivo hace necesario su estudio continuo en todas sus dimensiones, desde su producción, industrialización y comercialización. Se ha determinado diversas formas de aprovechamiento de esta planta, en la gastronomía, en la industria para la fabricación de productos farmacéuticos, cosméticos y de energía. Su consumo más tradicional son infusiones frías o calientes, o como té dulce. En el Paraguay el consumo de la yerba mate en forma de bebida fría (tereré) es uno de los hábitos más típicos. Esta bebida se ha convertido en la bebida nacional del Paraguay, cuyo consumo en Capital se estima en 90.66% (Montiel-Alfonso et al., 2022). La infusión de yerba mate se encuentra en el ranking de las 50 bebidas más consumidas en el mundo (Cheung, 2018). El tereré de Paraguay fue incluido dentro de la lista de patrimonio cultural inmaterial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en diciembre del año 2020 (UNESCO, 2020). Se han hecho numerosos estudios sobre el cultivo en el país, producción y comercialización, estudios sobre plagas y enfermedades y su control, sin embargo, estudio sobre su consumo son escasos. Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue analizar las características del consumo de la yerba mate dentro de la comunidad educativa de la FCA.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA/UNA), Paraguay. El estudio fue con enfoque descriptivo donde la población apuntó a la comunidad educativa de la FCA/UNA, Casa Matriz y Filiales, compuesta por docentes, funcionarios y estudiantes matriculados en el año lectivo 2023, como así también fue considerado el estamento de egresados. Fue determinado una muestra 119 individuos que conforman la comunidad educativa de la FCA, determinado con 95% de confianza para estimación de proporciones, considerando 91% de probabilidad de éxito para el consumo de la yerba mate, como un valor máximo identificado en estudios anteriores y un error de estimación del 5%. El sistema de muestreo fue aleatorio simple, donde cada encuestado acepta voluntariamente a autoempadronarse y para recabar los datos se empleó una encuesta electrónica a través de formulario *Google Forms* semiestructurado con preguntas abiertas y cerradas distribuidas por las redes sociales *WhatsApp* y *Facebook*. El procesamiento de datos se realizó mediante el uso de planillas electrónicas y software estadístico INFOSTAT determinando estadísticas descriptivas y asociativas.

Resultados y Discusión

La investigación contó con una muestra de 119 encuestados, 99% de nacionalidad paraguaya y 1% extranjera, detallados por género 74% de mujeres, 35% hombres y 1% de omisión, por otro lado, estamento al cual pertenece o cargo que ocupa dentro de la FCA, el 30% fueron docentes, 22% funcionarios, 16% fueron egresados y 32% estudiantes, a su vez el origen registrado fue 68% de la zona Metropolitana de Asunción y el 32% de otros departamentos. En cuanto al estilo de vida la comunidad realiza actividad física por lo menos dos veces a la semana en un 66% de la muestra, solamente el 10% fuma y 48% declara consumir bebidas alcohólicas socialmente, las bebidas gaseosas carbonatadas solamente el 14% declararon no consumirla. La Figura 1 presenta la frecuencia de consumo de la yerba mate. La mayor proporción la consume todos los días, en aproximadamente 66%.



Figura 1. Proporción de consumidores según frecuencia de consumo

En cuanto a la forma de consumo los miembros de la comunidad educativa de la FCA refirieron la preferencia se da con el terere (infusión fría) y el mate (infusión caliente) con una proporción del 43%, sin embargo, se destaca que 29% consumen las tres formas presentadas, terere, mate y te mate cocido.

La edad de inicio del consumo de la yerba mate fue de 14 años, en promedio, con una variación muy alta del 40%, además se resalta que la edad mínima para el inicio del consumo fue de 1 año. Las cantidades líquida (l) y de yerba (g) asociada a la frecuencia de consumo, el promedio de infusión fue de 1.67 litros con una variabilidad muy alta del 47%, en un rango de 500 ml y 5 litros. Esta variabilidad podría deberse a que algunos la consumen individualmente y otros siguen practicando la ronda del terere o mate en grupo, (23% consumen socialmente con amigos y familiares). El consumo en grupo tiene una connotación dentro de la mitología guaraní que utilizaban como símbolo de hospitalidad y camaradería este rito (Gortari, 2017).

Existe asociación significativa ($p= 0.0002$) entre preferencia de yerbas compuestas y consumo de yerbas saborizadas, el 88% de los consumidores que han experimentado las saborizadas les gusta la yerba compuesta, sin embargo, existe una proporción del 42% que no han probado yerbas saborizadas prefieren tradicionales (Tabla 1).

Tabla 1. Proporción de consumidores según preferencia de la yerba compuesta.

¿Ha probado la yerba saborizada?	¿Le gusta mezclar la yerba (hierbas, frutas, etc)?	
	SI	NO
SI	66 (88%)	9 (12%)
NO	25 (58%)	18 (42%)
<i>Chi Cuadrado Pearson</i>	13.81	
<i>p-valor</i>	0.0002	

En la Tabla 2 se puede apreciar que 49.6% consumen por costumbre, por otro lado, existe creencia del 51.02% que la yerba mate tiene beneficios sobre la salud. La asociación entre el motivo de consumo y los beneficios sobre la salud es significativa ($p=0.0115$), es decir el consumo esta influenciada por la creencia de beneficios sobre la salud. Ciertamente puede considerarse, ya que en estudios desarrollados con plantas de un grupo de *Ilex spp* determinaron que tenían actividad antioxidante, siendo *I. paraguariensis* la de mayor actividad antioxidante (Filip *et al.*, 2000).

Tabla 2. Proporción de consumidores por motivos de consumo de la yerba mate según creencias de beneficios sobre la salud.

¿Cree que tiene beneficios sobre la salud?	Motivo por el cual consume			
	Bienestar	Costumbre	Sabor	total
Creo que si tiene beneficios	17.6%	19.3%	14.3%	51.2%
No creo que tenga beneficios	0%	11.8%	3.4%	15.2%
No estoy seguro/a	5.9%	18.5%	9.2%	33.6%
Total	23.5%	49.6%	26.9%	100%
<i>Chi Cuadrado Pearson</i>	12.96			
<i>p-valor</i>	0.0115			

La Figura 3 presenta las marcas de yerba mate consumida por la comunidad educativa de la FCA, en ellas se ven marcas nacionales como importadas, en primer lugar, se encuentra Kurupi con un 25.5% de preferencia, seguido de Campesino con 15% y las marcas Indega y Colon cuya diferencia es ínfima, 12.4% y 11.8%, respectivamente. Concuerta con el estudio de (Kwan, 2022) en el cual Kurupi (43%) es considerado el Top of mind de la yerba mate en los consumidores de Asunción, inmediatamente seguida por Campesino (33%). Esta similitud se podría deber al gran porcentaje de encuestados cuya procedencia es del Gran Asunción (68%).

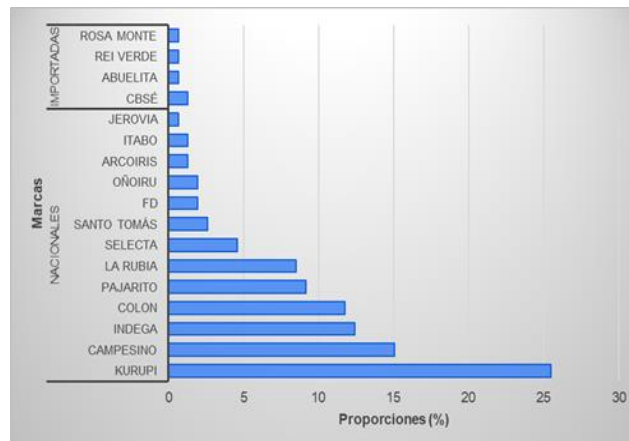


Figura 3. Proporción de consumidores de yerba mate por preferencia de marcas según procedencia

El 64% de los consumidores mencionaron que no reutilizan su yerba de la primera infusión, podría creerse que las prefieren puras, al 59% no les parece importante el costo, sin embargo, la calidad es muy importante, con un 95%. La mayor proporción de consumidores de terere consideraron que el terere hidrata (56%), por el contrario, el trabajo de Montiel-Alonso et al. (2022), realizado en residentes de Asunción, determinó que la gran mayoría considera que el tereré hidrata en menor medida que el agua; en tanto un 20,84 % cree que el tereré hidrata más que el agua. En relación con el envasado, el 58% de los consumidores prefieren saquitos o cajas. Esta información fue bastante importante ya que el empaque es considerado en el 94% de los consumidores en el proceso de compra según (Kwan, 2022).

Conclusiones

El estilo de vida de la comunidad educativa de la FCA es activa y saludable, realiza actividades físicas y el consumo de sustancias psicoactivas solo se registró en un pequeño porcentaje y en forma esporádica. El inicio del consumo de la infusión de la yerba mate, tanto como terere o

mate se registra en la adolescencia, son las formas preferidas de la población y su consumo es a diario. Su consumo es por costumbre además existe una relación de dependencia con los beneficios sobre la salud. La cantidad promedio consumida tanto del líquido y la yerba tiene mucha variabilidad, sin embargo, la yerba es reutilizada con muy poca frecuencia, además un porcentaje importante han probado la yerba compuesta o saborizada y es bastante aceptada. El costo no es tan considerado, pero si la calidad y el empaque, se prefieren las presentaciones en saquitos o cajas. Las marcas nacionales son preferibles, en primer lugar, está la marca Kurupi, seguido inmediatamente de Campesino, luego Indega y Colon.

Agradecimiento

Agradecimiento a toda la comunidad educativa de la FCA/UNA por participar de la encuesta y por difundir entre sus pares el cuestionario y los objetivos de la investigación.

Referencias Bibliográficas

- CHEUNG, T., World's 50 most delicious drinks. 2020. CNN Travel: <https://edition.cnn.com/travel/article/most-delicious-drinks-world/index.html>
- FILIP R, LOTITO SB, FERRARO G, FRAGA CG. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. 2000. *Nutr Res*; 20: 1437-46.
- GORTARI, J. Maldita yerba mate: explotación de obra en las minas yerbateras del Paraguay colonial. 2017. TSN nro 3. ISSN: 2444-9792
- HOLOVATY S. Efectos del consumo de yerba mate sobre el perfil lipídico en jóvenes sanos. [Tesis de maestría]. 2018. Posadas: Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales.
- KWAN CHUNG, C. K; CÁCERES, A; MONGELOS, F; VILLALBA, M; BRÍTEZ, A; & ESTIGARRIBIA, A., Top of mind de la yerba mate en los consumidores de Asunción - Paraguay, 2020. 2022. *Revista de Análisis y Difusión de Perspectivas Educativas y Empresariales*, 2 (3): 45-51, <https://doi.org/10.56216/radee012022jun.a04>
- MONTIEL-ALFONSO MA, DEL VALLE-OCHELLI AM, CUEVAS-PAIVA EJ. Nivel de hidratación de la yerba mate *Ilex Paraguariensis* consumida en forma de tereré: percepción de la población general paraguaya. 2022. *Med. clín. soc.*6(3):132-133
- SOUZA AHP, CORRÊA RCG, BARROS L, CALHELHA RC, SANTOS-BUELGA C, PERALTA RM, BRACHT A, MATSUSHITA M, FERREIRA ICFR. Phytochemicals and bioactive properties of *Ilex paraguariensis*: An in-vitro comparative study between the whole plant, leaves and stems. *Food Res Int.* 2015 Dec; 78:286-294. doi: 10.1016/j.foodres.2015.09.032. Epub 2015 Sep 28. PMID: 28433294.
- UNESCO, El tereré, el chamamé y los caballos del vino entran a la lista del patrimonio cultural inmaterial de la humanidad, <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485782> 17 diciembre 2020. Cultura y educación. Consultado 11/07/2023

Estimación de la demanda de yerba mate en hogares argentinos: Efectos del ingreso, precio y estructura del hogar basado en la encuesta de consumo

Lysiak, Emiliano¹

¹Investigador en Economía Agraria EEA INTA Cerro Azul, Ruta Nacional 14. Km. 836 3313 – Cerro Azul- Misiones, Argentina, lysiak.emiliano@inta.gob.ar

Resumen: Este estudio se centra en analizar la demanda de consumo de yerba mate en los hogares argentinos, considerando variables como el ingreso per cápita, el precio de la yerba mate, la cantidad de miembros del hogar y las preferencias provinciales. Se utilizó la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017 – 2018 del INDEC y se agruparon los hogares en 300 clústeres. Esto permite evitar los problemas de las compras cero típicas de este tipo de encuestas. Con los promedios se estimaron por MCO ponderados diferentes modelos lineales de la cantidad demandada del hogar, per cápita y el precio de la yerba mate. Los resultados revelan que las preferencias provinciales tienen un alto impacto en el consumo y precio de la yerba mate, reflejando diferencias regionales en la elección de esta bebida emblemática. Se encontró una relación negativa entre el precio y el consumo de yerba mate, con elasticidades precio menores a uno, indicando la inelasticidad de la demanda ante cambios en el precio. Además, se constató una relación negativa entre el tamaño del hogar y el consumo per cápita de yerba mate, lo que respalda la presencia de economías de escala en el consumo. El ingreso per cápita mostró una relación positiva con el precio pagado por la yerba mate. Los grupos etarios también tuvieron alta incidencia en el consumo del hogar siendo los integrantes menores de 15 años lo que reducen el consumo del hogar y el grupo de entre 50 y 64 años los que aumentan el consumo. Los precios de los bienes sustitutos como el café y el té no arrojaron buenos resultados. Estos resultados son de gran relevancia para comprender los determinantes del consumo de yerba mate en los hogares argentinos y para la formulación de políticas y estrategias de comercialización. A la vez que deja incógnitas para futuros trabajos.

Palabras clave: Yerba mate. Demanda. Economías de escala. Elasticidades. Edades.

Introducción

Según el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM, 2023), en 2022 se consumieron 275.807.989 kg de yerba mate en Argentina, donde el consumo interno representa aproximadamente el 87% de las ventas anuales. Durante los últimos 15 años, el consumo ha aumentado a una tasa anual del 1,05%, en línea con el crecimiento de la población, que ha sido del 17% (INDEC, 2023). Manteniendo el consumo per cápita en 6 kg por habitante.

En el análisis de la demanda de yerba mate, se consideran variables como precios, ingresos y estructura de los hogares (Deaton y Muelhauer, 1980). La Ley de Engel sugiere que a medida que aumentan los ingresos, la proporción del gasto en alimentos disminuye. Varios estudios han explorado la elasticidad del precio en productos específicos y canastas de consumo, llevados a cabo por investigadores como Blow (2003), Browning et al. (2020) y Calvi et al. (2023). En los últimos años, se ha prestado mayor atención al estudio de la estructura demográfica del hogar y su influencia en los patrones de consumo. Deaton y Paxson (1998) concluyeron que a medida que aumenta el número de miembros en un hogar, el gasto individual en alimentos tiende a disminuir, sugiriendo economías de escala en el consumo de alimentos.

En Argentina, diversas investigaciones se han centrado en el análisis de las Curvas de Engel, utilizando datos principalmente de la encuesta de consumo del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Estos estudios han analizado los patrones de consumo de alimentos en

relación con el ingreso, la región, el estrato socioeconómico y la composición demográfica de los hogares, confirmando la presencia de economías de escala en el gasto de alimentos a medida que aumenta el tamaño del hogar (Rodríguez et al., 2001; Pizzolitto, 2007; Carugati, 2008; Franco, 2017; Berges, 2011; Arancibia, 2012; Brillanti, 2022).

En el ámbito del consumo de infusiones, se ha investigado sobre las elasticidades de ingresos y precios en la demanda de infusiones, encontrando resultados esperados en términos de signos (elasticidades positivas y negativas) (Fernández, 2007; Berges et al., 2012). Estas elasticidades son más pronunciadas en hogares con menores ingresos (Berges y Casellas, 2007). Además, se ha observado variación en el consumo de yerba mate entre provincias (Lysiak, 2016). En cuanto a la demanda de yerba mate, té y café, se han identificado elasticidades de precios negativas y elasticidades de ingresos positivas (Lysiak, 2015).

Este trabajo tiene como objetivo estimar los efectos de la estructura demográfica del hogar en el consumo de yerba mate, evidenciando economías de escala en el consumo, además de las variables tradicionales. Busca contribuir al conocimiento sobre los determinantes del consumo de yerba mate en Argentina y proporcionar información relevante para políticas y estrategias de comercialización acordes con las preferencias y realidades de los hogares.

Materiales y métodos

Las investigaciones sobre el consumo de los hogares en Argentina se basan principalmente en los microdatos de la Encuesta Nacional del Gasto de los Hogares del INDEC. Sin embargo, debido a la tipología de esta encuesta, se presentan muchos consumos iguales a cero, lo que limita el análisis individual por producto. Entre los estudios más desagregados, Fernández (2007), Berges y Casellas (2007), y Berges et al. (2012) utilizaron sistemas de ecuaciones para productos y grupos de productos, pero no obtuvieron resultados satisfactorios para yerba mate, té y café (Lysiak, 2015).

En 2015, se implementó una metodología alternativa basada en el alto consumo de yerba mate en Argentina, donde se agruparon los hogares según similitudes socioeconómicas y se calculó la compra promedio de yerba mate, considerando también las compras iguales a cero. Esta estrategia permitió obtener grupos de hogares similares con consumos mayores a cero en todos los grupos. Posteriormente, se obtuvieron resultados favorables al estimar ecuaciones lineales de la demanda de infusiones (Lysiak, 2015).

El objetivo del presente trabajo es utilizar la nueva Encuesta de Hogares del INDEC (2022) de la ENGHo 2017-18 para agrupar los hogares en 300 grupos similares y estimar una función de demanda del consumo de yerba mate. A diferencia del trabajo previo en 2015, en esta ocasión se agruparon variables sociodemográficas de los hogares para evaluar su influencia en el consumo de yerba mate. Todas las estimaciones y la creación de los clústeres se realizaron utilizando el programa R.

Los datos utilizados en este estudio provienen de los microdatos de la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGHo) 2017-18 del INDEC, los cuales representan a 21.543 hogares. Estos datos fueron agrupados en 300 clúster utilizando la distancia euclídea al cuadrado para grandes muestras, a través de un agrupamiento no jerárquico basado en variables seleccionadas. Estas variables incluyen el ingreso per cápita, el consumo per cápita de yerba mate promedio en la provincia de residencia, la cantidad de miembros del hogar y la cantidad por grupo etario. Los clúster resultaron con un promedio de 71,81 hogares con una desviación estándar de 38,63. Para la estimación de la demanda, se encontró que el modelo que arrojó mejores resultados fue la regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Debido a que la regresión se basa en datos promedios de se aplicó una regresión MCO ponderada por la inversa de la

desviación estándar del consumo de yerba mate en cada grupo para evitar problemas de heteroscedasticidad. Esto otorga mayor peso a las observaciones de menor dispersión.

Las regresiones se basaron en modelos de doble logaritmo para estimar las elasticidades y también se utilizó el modelo de raíz cuadrática. Las variables que se consideraron como promedios dentro de cada clúster son las siguientes:

-Cantidad de kilogramos de yerba mate comprados por el hogar, tanto en términos generales como per cápita. Esta se asume como el consumo mensual de yerba mate.

-Ingreso mensual en pesos, tanto por hogar como per cápita.

-Consumo promedio de yerba mate a nivel provincial. Se asignó a cada hogar el consumo promedio correspondiente a su provincia.

-Precios en pesos por kg de yerba mate, té o café. Esta variable se estimó dividiendo el valor de las compras por la cantidad de kilogramos comprados.

-Variación estacional del consumo de yerba mate (vi). Se creó una variable dummy que toma el valor de 2 para los meses de otoño e invierno, y 1 para los meses de primavera y verano.

-Participación de mujeres (valor 2) y varones (valor 1) promediada dentro de cada clúster.

-Cantidad de miembros y adultos equivalentes en el hogar.

-Cantidad de mayores de 14 años o su participación en el total de integrantes del hogar.

-Cantidad de miembros según grupos etarios: 1) de 0 a 14 años, 2) de 15 a 24 años, 3) de 25 a 34 años, 4) de 35 a 49 años, 5) de 50 a 64 años, y 6) 65 años y más. En la regresión, se utilizó la participación de estos grupos en relación con el total de integrantes del hogar.

Es importante considerar limitaciones para la generalización de los resultados. Los datos provienen de una encuesta basada en autorreportes de los hogares, lo que podría implicar errores de medición o sesgos. Además, los datos corresponden a un período específico y las condiciones económicas y sociales podrían haber cambiado, afectando la validez de los resultados a lo largo del tiempo.

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se presentan dos modelos para la estimación de la demanda del consumo del hogar. El segundo modelo, que utiliza la variable dependiente expresada como raíz cuadrada, arroja mejores resultados en comparación con el modelo de doble logaritmo, que presenta problemas de incumplimiento de la normalidad de los errores. Ambos modelos no muestran una significancia estadística en el coeficiente del ingreso per cápita. Sin embargo, el coeficiente del precio de la yerba mate tiene el signo negativo esperado y es significativo, con una elasticidad precio de -0,82, lo que indica cierta inelasticidad en la demanda. Además, la cantidad de miembros del hogar tiene un coeficiente positivo y significativo, aunque con un valor inferior a uno, lo que indica que un aumento del 1% en la cantidad de miembros no se traduce en un aumento proporcional del consumo, sino solo en un 0,41%.

El consumo provincial según el lugar de residencia muestra un alto poder predictivo en el consumo reflejando la influencia de las preferencias. En cuanto a la incidencia de los grupos por edades del hogar, una mayor participación de miembros menores de 15 años reduce el consumo del hogar. Asimismo, resulta llamativo que la presencia de miembros de entre 15 y 24 años también reduce el consumo de yerba mate. En contraste, el grupo etario que incrementa el consumo es el de 50 a 64 años. Respecto a si existen diferencias en el consumo según la participación de hombres o mujeres en el hogar, no se encontró significancia.

Tabla 1. Estimación de la demanda de los kg consumidos de yerba mate de los hogares

Variables	Consumo mensual del hogar					
	Coef.	t-valor	Sig.	Coef.	t-valor	Sig.
Constante	4,769	5,89 ***		3,471	9,139 ***	
log(prov)	0,923	21,53 ***		0,43	21,396 ***	
Consumo provincial						
log(ingpch)	-0,022	-0,41		-0,026	-1,041	
Ingreso per cápita						
log(pyerba)	-0,822	-4,72 ***		-0,396	-4,856 ***	
Precio de la yerba mate						
log(qyerba)						
Consumo de yerba del hogar						
log(miembros)	0,413	6,16 ***		0,189	6,043 ***	
Cantidad de miembros en el hogar						
pe5	0,271	3,86 ***		0,126	3,83 ***	
Participación de 50 a 64 años en el hogar						
pe2	-0,269	-2,33 *		-0,144	-2,66 **	
Participación de 15 a 24 años en el hogar						
pe1	-0,439	-2,93 **		-0,213	-3,039 **	
Menores de 15 años						
log(pte)	0,016	0,56		0,012	0,892	
Precio del té						
log(pcafe)	-0,077	-1,65 .		-0,034	-1,571	
Precio del café						
log(vi)	0,022	0,38		0,009	0,33	
Estacionalidad						
log(vm)	-0,063	-0,13		-0,135	-0,591	
Participación hombre, mujer						
R2 ajustado		0,65			0,65	
Test de Normalidad Shapiro-Wilk		1,32E-06			0,788	
Test Durbin Watson		2,9			2,02	
AIC		140			269	

En la Tabla 2 se presentan cuatro modelos de estimación del consumo per cápita, dos utilizando el doble logaritmo y dos con la variable dependiente expresada como raíz cuadrada. El modelo con la variable dependiente como raíz cuadrada obtiene mejores resultados, aunque el doble logaritmo es más sencillo de entender sus coeficientes. En este caso, la cantidad de miembros tiene el signo negativo, lo que indica que un aumento en la cantidad de miembros del hogar reduce el consumo per cápita. Cuando no se utiliza la cantidad de miembros como variable explicativa, el ingreso per cápita obtiene coeficientes de 0,18 y significativo, indicando una elasticidad ingreso baja.

Tabla 2. Estimación de la demanda de los kg consumidos de yerba mate per cápita

Variables	Consumo mensual per cápita											
	Coef.	t-valor	Sig.	Coef.	t-valor	Sig.	Coef.	t-valor	Sig.	Coef.	t-valor	Sig.
Constante	3,059	3,426 ***		2,065	8,42 ***		4,769	5,89 ***		2,578	11,135 ***	
log(prov)	0,969	20,044 ***		0,261	18,411 ***		0,923	21,533 ***		0,246	20,089 ***	
Consumo provincial												
log(ingpch)	0,184	3,342 ***		0,028	1,726 .		-0,022	-0,415		-0,038	-2,489 *	
Ingreso per cápita												
log(pyerba)	-0,949	-4,81 ***		-0,265	-4,591 ***		-0,822	-4,722 ***		-0,224	-4,507 ***	
Precio de la yerba mate												
log(qyerba)												
Consumo de yerba del hogar												
log(miembros)							-0,586	-8,761 ***		-0,188	-9,839 ***	
Cantidad de miembros en el hogar												
pe5	0,224	2,81 **		0,074	3,215 **		0,271	3,861 ***		0,091	4,531 ***	
Participación de 50 a 64 años en el hogar												
pe2	-0,653	-5,383 ***		-0,227	-6,391 ***		-0,269	-2,336 *		-0,103	-3,145 **	
Participación de 15 a 24 años en el hogar												
pe1	-1,172	-8,301 ***		-0,37	-8,938 ***		-0,439	-2,934 **		-0,136	-3,175 **	
Menores de 15 años												
log(pte)	-0,016	-0,49		-0,002	-0,227		0,016	0,565		0,008	1,017	
Precio del té												
log(pcafe)	-0,086	-1,64		-0,03	-1,98 *		-0,077	-1,654 .		-0,026	-2,011 *	
Precio del café												
log(vi)	0,034	0,511		0,01	0,531		0,022	0,38		0,007	0,433	
Estacionalidad												
log(vm)	0,445	0,807					-0,063	-0,13		-0,101	-0,724	
Participación hombre, mujer												
R2 ajustado		0,737			0,712			0,796			0,789	
Test de Normalidad Shapiro-Wilk		0,003			0,056			1,32E-06			0,001	
Test Durbin Watson		1,97			2,02			2,09			2,15	
AIC		209			455			140			537	

En los modelos trabajados, se observa una relación negativa entre la cantidad de miembros e ingreso per cápita. Es decir, hogares con una mayor cantidad de integrantes tienen un ingreso per cápita más bajo, lo cual puede afectar el consumo per cápita.

Los modelos de estimación del precio (Tabla 3) presentan un menor R^2 pero no tienen problemas de normalidad en los errores. El ingreso per cápita siempre muestra un valor positivo y significativo de aproximadamente 0,10. Además, las preferencias provinciales también influyen en el aumento de los precios.

La cantidad de miembros no influye tanto en los precios pagados como en la estimación del consumo. Nuevamente, se verifica la relación negativa entre el precio y la cantidad. En cuanto a los grupos etarios, su incidencia en los precios pagados es menor, aunque se destaca que cuando aumenta la cantidad de personas en el rango de 15 a 24 años, los precios pagados también aumentan. Además, la estacionalidad entre meses cálidos o fríos (vi) sí incide en el precio pagado. Se observa que, durante los meses fríos, los precios pagados tienden a disminuir. Aunque esto debe demostrarse con mayor rigurosidad.

El análisis de los tres grupos de estimaciones revela claramente la alta incidencia que tienen las preferencias provinciales tanto en el consumo como en el precio por la yerba mate, al igual que Lysiak (2015). Además, se confirma que la estacionalidad entre meses fríos y cálidos solo afecta al precio pagado, siendo menor durante los meses fríos.

Tabla 3. Estimación del precio de la demanda de yerba mate en los hogares

Variables	Precio de la yerba mate								
	log(pyerba)			log(pyerba)			log(pyerba)		
	Coef.	t-valor	Sig.	Coef.	t-valor	Sig.	Coef.	t-valor	Sig.
Constante	3,213	15,43	***	3,418	16,68	***	3,601	18,26	***
log(prov) Consumo provincial	0,022	1,491		0,109	4,664	***	0,087	3,897	***
log(ingpch) Ingreso per cápita	0,118	6,667	***	0,106	6,195	***	0,088	5,457	***
log(pyerba) Precio de la yerba mate									
log(qyerba) Consumo de yerba del hogar				-0,096	-4,722	***	-0,077	-3,953	***
log(miembros) Cantidad de miembros en el hogar	0,031	1,341		0,069	2,861	**			
pe5 Participación de 50 a 64 años en el hogar	0,017	0,69		0,042	1,709	.	0,042	1,701	.
pe2 Participación de 15 a 24 años en el hogar	0,089	2,192	***	0,056	1,413		0,104	2,867	**
pe1 Menores de 15 años	0,058	1,101		0,011	0,222		0,099	2,326	*
log(pte) Precio del té	-0,002	-0,237		-6E-04	-0,68		0,002	0,238	
log(pcafe) Precio del café	0,009	0,55		9E-04	0,061		0,003	0,231	
log(vi) Estacionalidad	-0,15	-7,89	***	-0,136	-7,341	***	-0,142	-7,614	***
log(vm) Participación hombre, mujer	-0,08	-0,464		-0,08	-0,481		-0,135	-0,805	
R2 ajustado	0,342			0,392			0,375		
Test de Normalidad Shapiro-Wilk	0,082			0,054			0,096		
Test Durbin Watson	2,03			2,06			2,04		
AIC	420			440			434		

Siempre se observó una relación negativa entre el precio y el consumo, y se encontraron valores de la elasticidad precio menores a uno, lo que indica la inelasticidad de la demanda. En contraste, en el estudio de Lysiak (2015) se obtuvieron valores mayores a uno. Los precios de los bienes sustitutos del café y el té, en general, no mostraron ser significativos, lo cual coincide con los hallazgos previos de Lysiak (2015), a excepción del precio del café, que mostró un coeficiente negativo con el consumo per cápita, en contra de lo esperado.

La predominancia masculina o femenina en el hogar no afectó significativamente al precio o cantidad consumida, en línea con los hallazgos de Lysiak (2015). En cuanto a los grupos por edades, se observó una reducción en el consumo cuando aumenta la cantidad de integrantes menores de 15 años. Sin embargo, es llamativo que el consumo también disminuye cuando aumenta la participación de personas entre 15 y 24 años, al mismo tiempo que los precios pagados aumentan. Por otro lado, se destaca un aumento en el consumo cuando los adultos de entre 50 y 64 años incrementan el consumo per cápita o del hogar.

La relación entre el ingreso per cápita y el precio es esperable, dado que hogares con mayores ingresos pueden adquirir yerba de mayor calidad. Es interesante profundizar en el fenómeno que genera el aumento del tamaño del hogar, que a su vez reduce el consumo per cápita. Esta relación podría atribuirse al efecto del mate compartido en el hogar, pero también está presente en la gran cantidad de alimentos y bebidas. Es relevante aclarar si la reducción del consumo per cápita se debe directamente al aumento de los integrantes y la economía de escala o si es una consecuencia indirecta de la reducción del ingreso per cápita al aumentar la cantidad de integrantes.

En la Figura 1 se presenta de manera clara el fenómeno de la caída del consumo per cápita a medida que la cantidad de miembros mayores de 14 años aumenta, lo cual coincide con el valor encontrado en las estimaciones que arrojaron un coeficiente del efecto de la cantidad de miembros sobre el consumo del hogar de 0,413.

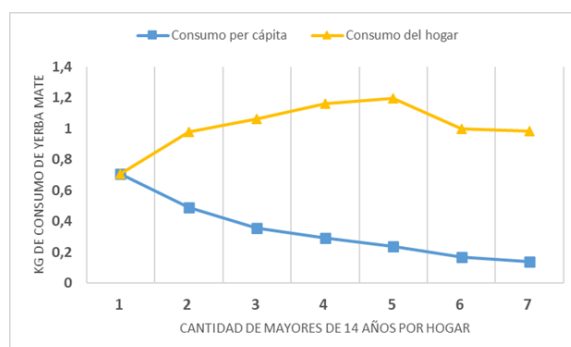


Figura 1. Consumo del hogar, per cápita y la cantidad de integrantes del hogar.

Este resultado respalda la existencia de una economía de escala en el consumo de yerba mate dentro de los hogares. A medida que se incrementa el número de miembros, el consumo total de yerba mate aumenta, pero a una tasa proporcionalmente menor. Esto puede deberse a diversos factores, como el compartir el mate entre los miembros entre otros factores.

Conclusiones

Este estudio sobre la demanda de yerba mate en hogares argentinos revela resultados significativos que destacan la relevancia de las preferencias provinciales en el consumo y precio de la yerba mate, así como la relación negativa entre el precio y la cantidad consumida, mostrando cierta inelasticidad en la demanda ante cambios de precio. También se evidencia la influencia del tamaño del hogar en el consumo per cápita, respaldando la existencia de economías de escala en el consumo. Los grupos etarios también muestran una alta incidencia de los menores de 15 años que reducen el consumo y los de 50 a 64 años que lo aumentan. El ingreso per cápita también tiene un impacto positivo en el precio pagado por la yerba mate. Estos hallazgos proporcionan información relevante para políticas y estrategias que promuevan un consumo sostenible y acorde con las preferencias de la población, considerando las

características regionales, la elasticidad precio y la influencia del tamaño del hogar y el ingreso per cápita.

Referencias bibliográficas

- ARANCIBIA, R. (2012). Evaluación de curvas de Engel No Paramétricas y Semiparamétricas. Aplicación al consumo de alimentos en la región Pampeana. Tesis de posgrado. Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de <https://xdoc.mx/preview/x-famaf-universidad-nacional-de-cordoba-5dc329c0e00e3>. Fecha último acceso 31/07/2023
- BERGES, M. (2011). Escalas de equivalencia y cambios en el nivel de bienestar de los hogares de la Ciudad de Buenos Aires. *Revista de Economía Política de Buenos Aires*, Año 5, Vol. 9 y 10. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/48522971> Escalas_de_equivalencia_y_cambios_en_el_nivel_de_bienestar_de_los_hogares_de_la_ciudad_de_Buenos_Aires (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- BRILLANTI, C., ECHEVERRIA, L., & BERGES, M. E. (2022). Consumo de alimentos y regresión por cuantiles. Comunicación presentada en 53 Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Bahía Blanca [ARG]. Recuperado de <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/3750/> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- BROWNING, M., CHIAPPORI, P., & LEWBEL, A. (2013). Estimating Consumption Economies of Scale, Adult Equivalence Scales, and Household. *The Review of Economic Studies*, 80(4), 1267-1303. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/43551559> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- CARUGATI, M. (2008). Estimación de curvas de Engel en Argentina. Tesis de grado. Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/636/> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- DEATON, A., & MUELLBAUER, J. (1980). *Economics and Consumer Behavior*. Cambridge University Press. 2da Edición.
- DEATON, A., & PAXSON, C. (1998). Economies of Scale, Household Size, and the Demand for Food. *Journal of Political Economy*, 106(5), 897–930. <https://doi.org/10.1086/250035> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- BLOW, L. (2003). *Demographics in demand systems*. London: IFS. Recuperado de <https://ifs.org.uk/publications/demographics-demand-systems> (Fecha de acceso: 15/05/2023)
- CALVI, R., PENGLASE, J., TOMMASI, D., & WOLF, A. (2023). The more the poorer? Resource sharing and scale economies in large families. *Journal of Development Economics*, 160, 102986. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387822001286?via%3Dihub> (Fecha de acceso: 29/05/2023)
- FERNÁNDEZ, S. (2007). Comportamiento del consumidor y estimaciones de demandas de alimentos. Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1384/> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- FRANCO, J. M. (2017). Consumo de alimentos en los hogares argentinos. Análisis de las diferencias según factores demográficos y regionales. Tesis de grado Licenciatura en Economía. Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de <https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/2651/> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- INDEC. (2023). Estimaciones y proyecciones de población. Total del país. 2010-2040. Recuperado de <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-24-84> (Fecha de último acceso: 29/05/2023)

- INDEC. (2022). Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017-2018. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Institucional-Indec-BasesDeDatos-4> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- INYM. (2022). Informe del sector yerbatero, diciembre 2022. Recuperado de <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/estadisticas/2022.html> (Fecha de último acceso: 15/07/2023)
- LYSIAK, E. (2015). Estimación de las demandas del café, yerba y té en Argentina. Reunión anual 2015 de la AAEA. Tandil. Recuperado de http://www.aaea.com.ar/_upload/files/publicaciones/82_20170106145406_T14.pdf
- LYSIAK, E. (2016). Participación de la Yerba Mate en el consumo argentino de bebidas. Ediciones INTA. EEA Cerro Azul. Miscelánea 74/2016. Recuperado de <https://inta.gob.ar/documentos/participacion-de-la-yerba-mate-en-el-consumo-argentino-de-bebidas-0>
- PIZZOLITO, G. (2007). Curvas de Engel de Alimentos, Preferencias Heterogéneas y Características Demográficas de los Hogares: Estimaciones para Argentina. Documento de trabajo N°45, CEDLAS, Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3604> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)
- RODRÍGUEZ, E., BERGES, M., & CASELLAS, K. (2001). Diferencias regionales en el consumo de alimentos de los hogares argentinos. Revista Argentina de Economía Agraria. Nueva Serie. Volumen IV. Número 1. ISSN 0327-337-18. Recuperado de <https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/482/> (Fecha de último acceso: 31/07/2023)

Costo de producción y precio de la yerba mate canchada en el mercado local, departamento de Itapúa-Paraguay

Meaurio Insaurrealde, Juan Carlos¹; Britez Fleitas, Sandra Felipa¹; Sapper, Mayra^{1,2}; Benítez Miranda, Analía Verónica¹; Kazmirchuk Kuruz, Natalia Elizabeth¹; Ferreira Altamirano Nilse Graciela¹; Lugo Rolón, Eduarda Susana¹

¹Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Observatorio Económico y Social. Encarnación, Paraguay, jcmeaurio@facea.uni.edu.py; sfbritez@postgrado.uni.edu.py; mayrasapper@cyt.uni.edu.py; avbenitez@facea.uni.edu.py; nekazmirchuk@facea.uni.edu.py; ngferreira@facea.uni.edu.py; slugo@uni.edu.py

²Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias y Tecnología. Encarnación, Paraguay.

Resumen: El departamento de Itapúa se destaca por ser una importante zona de producción e industrialización de la yerba mate, un rubro de importancia en la economía regional, en cuya cadena de valor los secaderos constituyen una etapa intermedia para la obtención de la yerba mate canchada. La investigación presenta los resultados de un estudio llevado a cabo con el propósito de estimar el costo de producción por kilo de la yerba mate canchada en el mercado del departamento de Itapúa, durante el periodo comprendido entre junio y agosto de 2023. El estudio se centró en analizar los distintos costos y gastos promedio asociados a la producción de la yerba canchada, prestando especial atención a la influencia que ejercen los tipos de secaderos y los márgenes de utilidad en dichos costos. Para alcanzar estos objetivos, se optó por una metodología basada en un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y naturaleza exploratoria. Para obtener datos representativos, se seleccionaron nueve (9) secaderos que operan en el área de estudio, Itapúa, teniendo en cuenta su accesibilidad en términos de datos e información relevante para la investigación. Esta selección garantizó una diversidad suficiente para lograr resultados significativos. La técnica empleada para recopilar los datos necesarios fue la encuesta, la cual se aplicó a informantes claves con conocimientos y experiencia en el rubro yerbatero. El instrumento utilizado para la encuesta fue un cuestionario diseñado y estructurado para obtener información detallada sobre los costos de producción en cada secadero, los gastos asociados y los márgenes de utilidad que se aplican en el mercado. Los resultados obtenidos tras el análisis de los datos recopilados proporcionaron una valiosa y detallada panorámica sobre el rubro yerbatero en el departamento de Itapúa. Se pudo estimar en promedio, que el costo de producción por kilo de yerba mate canchada en secadero barbacuá es de ₡ 5.380 y en cinta ₡ 5.452. Considerando que la variable que ejerce una mayor influencia en estos costos es la materia prima (₡/kg 1.500) y que los márgenes de utilidades aplicados en el mercado yerbatero aproximadamente son el 30% sobre los costos y gastos de producción, finalmente se obtuvo un precio promedio final por kilo de la yerba mate canchada en barbacuá de ₡ 6.994 y en cinta ₡ 7.088.

Palabras clave: Yerba mate cancha. Costo de producción. Rentabilidad. Secaderos.

Introducción

La yerba mate, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. var. *paraguariensis* es una planta subtropical originaria de América del Sur, cuya área de distribución natural o en plantaciones cultivadas se da en el sur de Paraguay y Brasil, y el norte de Argentina (Zelada Cardozo y González Villalba, 2019), regiones en las que presenta relevancia socioeconómica (Gutiérrez et al., 2023). Según la Norma Paraguaya NP 35 001, la yerba mate “es el producto formado exclusivamente por las hojas mezcladas o no con fragmentos de ramas jóvenes, pecíolos, pedúnculos florales y semillas

de la planta *Ilex paraguariensis* Saint Hillaire” (Instituto Nacional de Tecnología Normalización y Metrología, 2007, p. 3). La cadena productiva de la yerba mate se compone básicamente de una etapa primaria agrícola, que inicia con la plantación y se extiende hasta la cosecha de la hoja verde, desarrollada generalmente entre los meses de abril a agosto. Luego, se tiene la etapa secundaria industrial, cuyos procesos tienen como objetivo principal reducir el contenido de humedad y el tamaño de la hoja (Känzig et al., 2015; Rodríguez, 2014).

En el proceso de transformación primaria, las operaciones básicas involucradas son el sapecado, el secado y el canchado. Para ello, las ramas de yerba mate cosechadas son transportadas hasta los secaderos, donde inicia el sapecado, operación en la que el material se expone a la acción directa del fuego y de los gases de combustión con el objeto de detener los procesos biológicos de degradación de los tejidos y facilitar la pérdida de agua. Durante esta operación la hoja pierde entre 30% y 60% del agua. Con relación a los combustibles utilizados, durante años se empleó leña de bosque nativo y en menor escala la de reforestación. Aunque desde hace unos años se promueve la utilización de chips y aserrín de madera de bosque implantado (Känzig et al., 2015), la utilización de leña continúa vigente, principalmente en el sector de la pequeña y mediana industria, y son pocos los secaderos que emplean otras formas de energía como el gas natural de petróleo y la energía eléctrica (Masloff y Garay, 2020).

Posteriormente, el material se somete a un proceso de secado con el objetivo de reducir su contenido de humedad a aproximadamente 5 a 6%, operación que se puede realizar a través de diferentes sistemas, ya sea en instalaciones tradicionales conocidas como secaderos de catre o barbacuá (estáticos y de capacidad más limitada), o en secaderos de cinta, rotatorios o tubulares (dinámicos y de mayor capacidad), que difieren entre sí por la temperatura del aire y el tiempo de residencia del material (Känzig et al., 2015). La siguiente etapa es el canchado, es decir, la trituración gruesa de la yerba mate seca, de modo a reducir su volumen y preparar el material para el estacionamiento, fase que le confiere al producto el sabor, aroma y color característicos. Finalmente, la yerba mate canchada y estacionada es sometida a un proceso de zarandeo y molienda, obteniendo así la yerba mate elaborada (Burtnik, 2006).

Los secaderos constituyen una etapa intermedia de la cadena de valor de la yerba mate, y pueden presentar importantes variaciones según condiciones y capacidades de operación (Masloff y Garay, 2020). En términos generales, de 100 kg de hoja verde se obtienen unos 33 a 39 kg de producto, rendimiento que varía según el contenido de humedad del material cosechado y de la yerba mate canchada, lo que a su vez depende de la época de cosecha y del porcentaje de palo del producto (Lysiak, 2015). Un dato importante, es que son necesarios aproximadamente 3 kg de hoja verde para producir 1 kg de yerba mate canchada (Gutiérrez et al., 2021).

En Paraguay el área de siembra de yerba mate abarca unas 38.724 ha, de acuerdo con datos del Censo Agropecuario Nacional 2022 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022), distribuidas principalmente entre los departamentos de Itapúa, Guairá, Alto Paraná y Caaguazú (Aguinaga, 2017). La cadena de la yerba mate está compuesta, principalmente, por productores de hoja verde, secaderos y molinos (Centro Yerbatero Paraguayo, s. f.). En concreto, el departamento de Itapúa destaca por ser una importante zona de producción e industrialización de la yerba mate, constituyéndose en un rubro de importancia en la economía regional. Como señalan Gutiérrez et al. (2023), “la yerba canchada es el insumo de mayor importancia dentro del proceso de comercialización de esta infusión” (p. 163). Es así como, además de los costos fijos y variables implicados en cada una de las etapas de producción, una reducción en la cantidad producida o un aumento en la demanda de este insumo por parte de los molinos, pueden influir en el aumento del costo de la yerba canchada (Gutiérrez et al., 2023). No obstante, la fijación del precio de la hoja verde y de la yerba mate canchada es atribución de representantes de entes gubernamentales y sectoriales. Es así como, para la cosecha 2023, se ha acordado un precio

base de ₡ 1500 IVA incluido por kg de hoja verde y ₡ 6000 IVA incluido para la yerba canchada, como forma de adaptarse también al contexto regional.

En ese sentido, se planteó como objetivo de este estudio estimar el promedio del costo producción y precio por kilo de yerba mate canchada en el mercado del departamento de Itapúa, durante el periodo comprendido entre los meses de junio a agosto de 2023. Para ello, se procedió, en primer lugar, a identificar los costos fijos y variables en el proceso de transformación primaria de la yerba mate en los secaderos; determinar el precio promedio por kilo de yerba mate canchada, según los costos de producción y tipo de secado; y finalmente, calcular el margen de ganancia necesario para los secaderos en la producción de yerba mate canchada.

Materiales y métodos

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y logra un nivel exploratorio-descriptivo, pues se ha llevado a cabo una exhaustiva exploración en el rubro yerbatero con el objetivo de describir los diferentes costos y gastos de producción que inciden directamente en el precio final de la yerba mate canchada. Para ello, se analizaron las características y singularidades de los distintos tipos de secaderos, con centralidad específica en el costo de producción de la yerba mate canchada. Se consideraron nueve (9) centros yerbateros que cuentan con secaderos. La selección del universo de estudio se realizó mediante un método no probabilístico por intencionalidad y conveniencia, debido a la sensibilidad para obtener datos e información clave; así como por el acceso a las respuestas requeridas. Como técnica de recolección de datos, se optó por la encuesta, utilizando un cuestionario con preguntas tanto abiertas, para no limitar las opciones de respuesta, como cerradas, de manera a obtener respuestas concretas (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018), con la finalidad de obtener una visión ampliada de la situación.

El estudio inició en la fuente de abastecimiento de la hoja verde (HV), es decir, desde el momento de la compra de la hoja verde. El análisis efectuado a los resultados incluye únicamente la primera etapa de transformación primaria de la HV. Los criterios estimados para acceder al costo de producción de la Yerba Mate Canchada (YMC), fueron los costos y gastos que afectan directamente al precio por kilogramo de la YMC, desagregados en los siguientes indicadores:

- Materia prima: Hoja verde.
- Mano de obra: descarga, kilos, jornales, a destajo, temporales o fijos.
- Costo Indirecto de fabricación: electricidad, seguros, mantenimientos, sueldos, seguridad, seguros, uniformes y otros gastos.

Además, es importante destacar la siguiente equivalencia contable/matemática:

La obtención de 1 kg de YMC requiere en promedio 2,5 kg de hoja verde. Es decir: 1 kg de YMC = 2,5 kg HV.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se presentan las características observadas según el tipo de secadero, en cuanto a fuente de abastecimiento de materia prima, tipo de secado, tipo de energía y mano de obra.

Tabla 1. Características observadas según tipo de secadero

Secadero	Fuente de abastecimiento	Tipo se secado	Tipo de leña	Mano de obra
1	Compra a terceros	Barbacuá Cinta	Chip	Descarga/kilo Horas/Jornalero
2	Producción propia	Barbacuá	Chip	Horas/Jornalero
3	Compra a terceros	Barbacuá Cinta	Chip/Reforestada	Horas/Jornalero Horas/Jornalero
4	Compra a terceros	Barbacuá	Chip	Horas/Jornalero
5	Compra a terceros	Cinta	Reforestada	Descarga/kilo
6	Compra a terceros	Barbacuá Cinta	Chip/reforestada	Descarga/kilo Horas/Jornalero
7	Producción propia	Cinta	Reforestada	Horas/Jornalero
8	Producción propia	Barbacuá	Chip/reforestada	Horas/Jornalero
9	Producción propia	Barbacuá	Chip/reforestada	Horas/Jornalero

Se observa que algunos secaderos compran la materia prima a terceros, mientras que otros la producen internamente. La producción propia podría implicar un mayor control sobre la calidad y el suministro, pero también requiere más recursos y esfuerzo en la fase de cultivo. La mayoría de los secaderos utilizan el secado tradicional "barbacuá", que puede proporcionar características de sabor y aroma distintivas a la yerba mate. Sin embargo, algunos emplean el secado en cinta, que podría ser más eficiente en términos de tiempo y recursos. La elección de la leña ya sean chips o leña reforestada, puede afectar la calidad del producto y la sostenibilidad del proceso. La leña reforestada puede ser una opción más ecológica y sostenible para garantizar un suministro constante. El tipo de mano de obra utilizado puede variar, desde descarga y clasificación por kilo hasta trabajadores por horas o jornales, y depende de la escala de producción y la disponibilidad de recursos humanos.

En la tabla 2 se presenta la estructura de los costos de producción en promedio, calculados según el tipo de secado, ya sea en barbacuá o en cinta.

Tabla 2. Estructura de costos de producción promedio por tipo de secadero

Secadero	Tipo de secadero	*Materia Prima (Gs/Kg)	Costos y gastos/Kg (Gs)	Costo/Kg (Gs)	Margen de utilidad (30%) (Gs)	Precio /Kg (Gs)
1	Barbacuá	3.750	1.705	5.455	1.637	7.092
	Cinta	3.750	1.500	5.250	1.575	6.825
2	Barbacuá	3.750	1.350	5.100	1.530	6.630
3	Barbacuá	3.750	1.475	5.225	1.568	6.793
	Cinta	3.750	1.700	5.450	1.635	7.085
4	Barbacuá	3.750	1.380	5.130	1.539	6.669
5	Cinta	3.750	2.060	5.810	1.743	7.553
6	Barbacuá	3.750	1.570	5.320	1.596	6.916
	Cinta	3.750	1.450	5.200	1.560	6.760
7	Cinta	3.750	1.800	5.550	1.665	7.215
8	Barbacuá	4.160	1.665	5.825	1.748	7.573
9	Barbacuá	3.750	1.850	5.600	1.680	7.280

*1 Kg YMC = 2,5 Kg HV

En general, los secaderos "Cinta" presentan un costo de producción más alto debido a sus mayores costos y gastos por kilogramo. Esto se debe a que la tecnología es más compleja y sofisticada, requiere personal técnico calificado para operar, mantener y solucionar problemas, lo que podría aumentar los costos laborales; la tecnología avanzada y la necesidad de mantener condiciones de temperatura y humedad controladas pueden llevar a un consumo de energía más alto en comparación con métodos de secado más simples (Barbacuá). Sin embargo, logran obtener un margen de utilidad del 30% y ofrecen precios competitivos en el mercado.

Tabla 1. Resumen en promedio del costo y precio por kilo de la Yerba Mate Canchada

Indicadores de Análisis	Barbacuá	Cinta
Materia Prima (G)	3.809	3.750
Costos y Gastos (G)	1.571	1.702
Costo de producción/kg (G)	5.380	5.452
Margen/Utilidad (G)	1.614	1.636
Precio/Kg (G)	6.994	7.088

$$\text{Costo Prod} = \text{MP} + \text{CyG}, \text{ y Precio} = \text{CP} + \text{Marg}$$

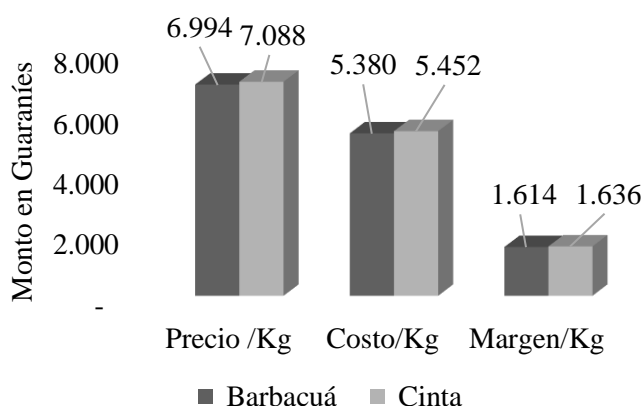


Figura 1. Costo y Precio por tipo de secadero

Los costos de producción por kilogramo de yerba mate canchada son ligeramente más altos en el secadero "Cinta" que en el secadero "Barbacuá". Por otro lado, "Barbacuá" tiene margen de utilidad más bajo, ofrece un precio de venta inferior en el mercado en comparación con "Cinta". La figura 1 indica que en ambos tipos de secaderos no superan en promedio el límite de precio referencial estipulado por kilo de la yerba canchada. El análisis de los costos y gastos es esencial para comprender cómo las empresas gestionan sus recursos financieros. Si bien el tipo de secadero Cinta tiene costos y gastos ligeramente más altos que Barbacuá, esto podría estar relacionado con inversiones en prácticas más sostenibles, como la implementación de tecnologías ecológicas o la capacitación del personal en prácticas responsables. El hecho de que el secadero a Cinta tenga un precio promedio por kilogramo superior al de Barbacuá plantea diversas consideraciones en términos de estrategia de precios y posicionamiento en el mercado. Esta diferencia en el precio puede reflejar varias situaciones. Primero, indica haber logrado crear un valor percibido más alto por parte de los consumidores. Esto podría estar relacionado con la calidad del producto, la marca, la presentación o incluso la forma en que se comercializa. Un precio más alto podría sugerir que los clientes ven los productos de Cinta como más

deseables o exclusivos. Otra posible explicación podría que ser la decisión de adoptar una estrategia de precios exclusivos. En este enfoque se podría estar apuntando a un segmento de mercado dispuesto a pagar más por productos de alta calidad o características únicas. Esta estrategia podría respaldar márgenes de beneficio más altos y permitir inversiones adicionales en la mejora de la calidad del producto. Por otro lado, el secadero Barbacué podría estar adoptando una estrategia de precios más competitiva u orientada al valor. Esto podría atraer a un segmento de mercado más amplio, pero también podría indicar un mayor enfoque en la eficiencia de costos y la reducción de precios para ganar cuota de mercado. Es importante considerar que, aunque un precio promedio más alto puede ser una ventaja en términos de ingresos, también puede limitar la accesibilidad a ciertos segmentos de consumidores. Algunos consumidores pueden optar por productos más asequibles, y en este caso, Barbacué podría estar atrayendo a esta base de clientes. La elección entre un precio más alto o bajo depende de una combinación de factores internos y de mercado, y cada enfoque tiene sus propias implicaciones en términos de ingresos, participación en el mercado y rentabilidad a largo plazo.

Conclusiones

En términos de materia prima, Barbacué y Cinta tienen costos promedios similares, el Barbacué es ligeramente en promedio más alto en G\$3.809 en comparación con los G\$3.750 de Cinta. Sin embargo, en el análisis de costos y gastos en promedio, Barbacué supera a Cinta con G\$1.571 en comparación con G\$1.702, lo que sugiere que Barbacué podría estar operando con una mayor eficiencia en este aspecto. El costo de producción por kilogramo en promedio del Barbacué es menor frente a Cinta. Esto indica que los ambos tipos de secaderos están manejando sus costos de producción de manera semejante. En cuanto al margen o utilidad por kilogramo, Barbacué y Cinta tienen cifras cercanas, con G\$1.614 y G\$1.636 respectivamente. Esto sugiere que ambos secaderos están generando ganancias similares por unidad de producto. Finalmente, en el precio promedio por kilogramo, Cinta tiene una ligera ventaja sobre Barbacué, con G\$7.088 frente a G\$6.994. Esto podría indicar que el tipo de secadero a Cinta tiene una estrategia de precios más agresiva o que ha logrado establecer un mayor valor percibido por parte de los clientes. En resumen, aunque Barbacué y Cinta presentan diferencias en algunos aspectos, como los costos y gastos, en general, ambos están operando en un rango similar en términos de costos de producción, margen de utilidad y precios por kilogramo. El análisis de estos indicadores sugiere que ambos tipos de secaderos podrían beneficiarse de una mayor optimización de costos y una estrategia de precios efectiva para mejorar aún más su rentabilidad en el competitivo mercado actual. La diferencia en los costos y precios entre los dos tipos de secaderos puede estar influenciada por diversas variables, como los insumos utilizados, la eficiencia del proceso de secado y la calidad del producto final.

Es importante destacar que los resultados son aproximaciones en cuanto a los indicadores cuantitativos considerados en estudio. En este sentido la estimación en promedio del costo de producción por kilogramo de yerba mate canchada es mayor en el secadero Cinta (Gs. 5.452) que en el secadero Barbacué (Gs. 5.380). Asimismo, el secadero "Barbacué" obtiene un margen de utilidad menor por kilogramo (Gs. 1.614) en comparación con el secadero Cinta (Gs. 1.636). El precio por kilogramo de yerba mate canchada es más alto en el secadero Cinta" (Gs. 7.088) que en el secadero Cinta (Gs.6.994).

Agradecimiento

A los centros yerbateros por su colaboración en las entrevistas. Su participación ha sido fundamental para el desarrollo de la investigación.

Referencias Bibliográficas

- AGUINAGA, H. J. (2017). *Trayectoria histórica y contexto actual de la yerba mate en Paraguay: Destino de la producción campesina en el distrito de Dr. Juan Manuel Frutos, Caaguazú* [Trabajo de Conclusión de Curso, Universidad Federal de Integración Latinoamericana]. <https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/2916>
- BURTNIK, O. J. (2006). *Yerba mate: Manual de producción* (Tercera Ed.). INTA, AER Santo Tomé, Corrientes, Argentina. <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/material-de-consulta/guiasmanuales-y-folletos/2999-manuales.html>
- CENTRO YERBATERO PARAGUAYO. (s. f.). *Centro Yerbatero Paraguayo*. Recuperado 2 de junio de 2023, de <https://centroyerbateroparaguay.org.py/>
- GUTIÉRREZ, E., TEDESCO, L., LARROSA, J. M. C., RAMÍREZ MUÑOZ DE TORO, G., & URIARTE, J. I. (2023). Determinantes de variaciones de precios semanales de la yerba mate en Argentina. *Revista Iberoamericana de Viticultura Agroindustria y Ruralidad*, 10(28), 160-180. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i28.5702>
- GUTIÉRREZ, E., TEDESCO, L., RAMÍREZ MUÑOZ DE TORO, G., & URIARTE, J. I. (2021). El consumo y la producción de yerba mate en Argentina. *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional*, 5(8). <https://doi.org/10.48162/rev.42.033>
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., & MENDOZA, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Instituto Nacional de Tecnología Normalización y Metrología. (2007). *Norma Paraguaya NP 35 001 93. Yerba Mate Elaborada. Requisitos*.
- KÄNZIG, R. G., SCHMALKO, M. E., & NÚÑEZ, J. C. (2015). Capítulo 4. El Procesamiento Primario. En *La Yerba Mate: Tecnología de la producción y propiedades* (pp. 61-76). Editorial Universitaria Universidad Nacional de Misiones.
- LYSIAK, E. (2015). Capítulo 8. El Sistema Agroindustrial de la Yerba Mate. En *La Yerba Mate: Tecnología de la producción y propiedades* (pp. 135-147). Editorial Universitaria Universidad Nacional de Misiones.
- MASLOFF, V. M., & GARAY, N. G. (2020). *Estrategias competitivas para el fortalecimiento de secaderos de yerba mate, a través de políticas públicas que mejoren la cadena productiva del sector*.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. (2022). *Censo Agropecuario Nacional (CAN 2022)*. https://can2022.mag.gov.py/geoportal/PRESENTACION%20CAN2022%20_FINAL_PDF.pdf
- RODRÍGUEZ, L. (2014). Producción y comercialización cooperativa yerbatera en los márgenes. La provincia argentina de Misiones (1991- 2014). *RIVAR*, 3(9), 50-74. https://revistarivar.cl/images/vol3-n9/RIVAR_9_Lisandro_Rodriguez.pdf
- ZELADA CARDOZO, N. DE J., & GONZÁLEZ VILLALBA, J. D. (2019). *Guía técnica cultivo de yerba mate*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_07.pdf

Análise comparativa da produção de erva-mate na Argentina e Brasil, no período de 2011 a 2020

Centenaro, Moisés¹; Sattler, Silvana Andrea²; Zamberlan, Carlos Otávio³; Marques, Rosele Vieira⁴

¹Professor de ensino superior – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade Universitária de Ponta Porã -MS, m.centenaro@uems.br

²Lic. en Economía y Contadora Pública- Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. - Córdoba, Argentina, silvana.sattler@unc.edu.ar

³Professor de ensino superior – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade Universitária de Ponta Porã -MS, carlos.otavio@uems.br

⁴Professora de ensino superior – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade Universitária de Ponta Porã -MS, rosele@uems.br

Resumo: O trabalho faz análise de cultivo de erva-mate, no período de 2011 a 2020, comparando a Argentina, Brasil e os estados brasileiros produtores de erva-mate, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O objetivo deste trabalho é fazer comparações da evolução da produção, área plantada e produtividade por hectares no período entre os dois países e entre os estados brasileiros de 2011 a 2020. A metodologia utilizada para o desenvolvimento foi de dados secundários do Brasil Obtidos pelo IBGE, pelas plataformas SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), PAM (Produção agrícola Municipal) e de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca da Argentina. Após a coleta dos dados, foram reorganizados, sendo possível fazer comparações entre os estados brasileiros, Argentina e Brasil. Como resultado foi possível perceber que no período de 2011 a 2020, houve crescimento na produção no Brasil de erva-mate em 18,91%, representando crescimento médio anual de 1,89%. Os estados brasileiros que mais apresentaram aumento de produção foram respectivamente, Paraná com 86,89% e Santa Catarina com 82,47%. Os estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul apresentaram declínio na produção respectivamente em -21,33% e 55,52%, na Argentina o crescimento nesse mesmo período foi de 4,88%. Identificou-se também que o estado do Paraná teve maior aumento de rendimento médio de kg. por hectares no período de 2011 a 2020 em 98,75%, o Estado de Santa Catarina aumentou a produtividade em 4,44%, e Rio Grande do Sul, houve diminuição em -0,49%, e Estado de Mato Grosso do Sul, com redução de produtividade em -32,97%, mas de forma geral foi identificado que a produtividade no Brasil foi positiva com aumento médio entre os estados produtores em 22,59%. Na Argentina o aumento da produtividade por hectares, foi de 4,11%, com menos oscilações do que no Brasil, porém com uma produtividade menor que o Brasil em 3.058 kg. por hectares.

Palavras-chave: Erva-Mate; Evolução da Produção; Produto Agroecológico.

Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*), é uma planta nativa do Brasil, Argentina e Paraguai, é do gênero *Ilex* pertencente à família Aquifoliácea, a família é composta por cerca de 600 espécies, destas 220 são nativas da América do Sul e 68 ocorrem no território brasileiro, das folhas são extraídos vários produtos utilizados na indústria química e de alimentos, farmacêutica, cosméticos além de ser consumida in natura como chá, chimarrão e tereré.

Este cenário vem sofrendo modificações constantes devido a expansão para mercados internacionais e a diversificação de produtos derivados da erva-mate com novas alternativas de

uso como: na alimentação, medicamentos, cosméticos, bebidas (energéticos), produtos de limpeza entre outros, como em chá-mate ou bebida de infusão (tereré e chimarrão).

A erva-mate na Argentina é cultivada na província de Misiones e a Nordeste da província de Corrientes. Os solos vermelhos, com alto teor de ferro e o clima subtropical sem estação seca, são ideais para o cultivo da erva-mate, sendo cultivada na província de Misiones, 90% e nordeste da província de Corrientes 10%. A atividade envolve anualmente mais de 15.000 trabalhadores nos períodos de safra. A produção se realiza em todo o território de Misiones.

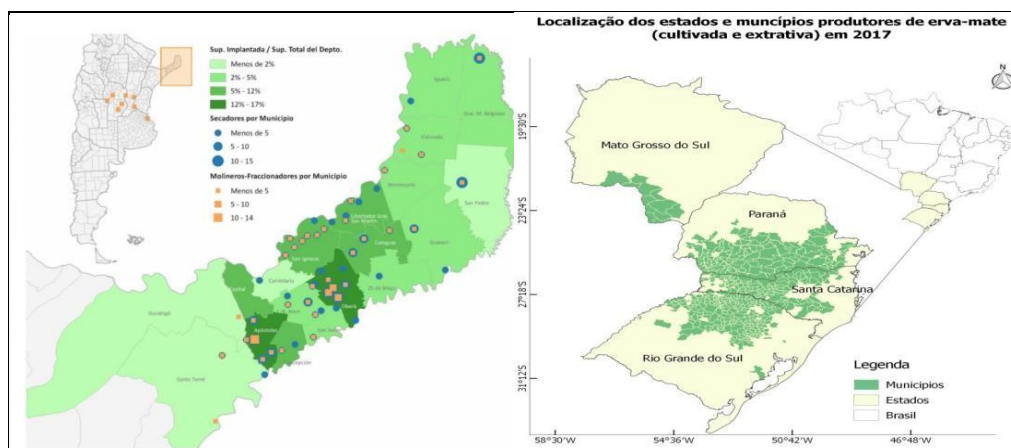


Figura 1. Localização das regiões produtoras de erva-mate na Argentina e Brasil

Fonte: Centenaro et al. (2019) e Ministerio da Hacienda da Argentina (2018)

Segundo o Ministerio de Hacienda (2018), a Argentina registra 10.811 produtores, sendo 60% destes com exploração menor de 10 hectares. Existem 200 secadores e 104 estabelecimentos de moagem e empacotamento de erva-mate. O emprego apresenta um comportamento semelhante à produção, com média de 19.811 no período 2006-2017. O maior número de empregos é temporário e está relacionado à colheita de folhas em 66% são primários temporários. Em seguida, o emprego fica localizado em secadoras (23%), em moinhos (7%) e naqueles que trabalham permanentemente no estágio primário (4%).

Conforme dados do Ministerio da Hacienda da Argentina (2018), os destinos das exportações da erva-mate argentina durante o ano de 2017, concentrou-se na Síria com 79%, seguido pelo Chile com 16%, Líbano com 3% e Estados Unidos com 2%.

Para Pichelli (2016), a atividade ervateira brasileira é constituída por aproximadamente 700 indústrias beneficiadoras, 150 mil pequenos produtores, com geração de mais 700 mil empregos. Presença geográfica em boa parte da Região Sul, a erva-mate é explorada economicamente em cerca de 560 municípios dos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, totalizando mais de 110 mil hectares. Os Estados do Rio Grande do Sul e Paraná lideram a produção de erva-mate cultivada, com aproximadamente 86% da produção e o Estado do Paraná lidera exploração da erva-mate nativa com a extração de 85% da produção dos ervais nativos; já Mato Grosso do Sul possui uma produção inexpressiva, com menos de 0,30% do total da produção brasileira.

Segundo Centenaro et al (2020), no Brasil durante ano de 2017 existiam 409 municípios que exploram os ervais nativos, com uma produção de 354.417 toneladas, no estado do Paraná, existem 129 municípios, em Santa Catarina são 102 municípios, Rio Grande do Sul são 168 municípios. São 306 municípios realizam as duas formas de produção da erva-mate, ou seja, cultivam lavouras permanentes e praticam extração vegetal, de erva-mate. Já em relação ao

total de municípios brasileiros que produzem erva-mate, seja esta atividade cultivada e/ou extrativa, são 509 municípios, sendo o total produzido de 973.420 toneladas em 2017.

Materiais e métodos

O método utilizado foi de dados secundários do IBGE, pelas plataformas SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática) e PAM (Produção Agrícola Municipal) do Brasil e do Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca da Argentina. Os dados, foram reorganizados, de forma a poder fazer comparações entre os países Argentina e Brasil e comparações entre os estados brasileiros produtores de erva-mate que são: Estado de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Após a compilação desses dados foi possível elaborar tabelas e quadro, como instrumentos interpretativos dos dados, que ajudam a compreender a situação atual e evolução da cultura da erva-mate no período de 2011 a 2020, sendo possível fazer algumas análises da sua evolução e entendendo o cenário de evolução da cadeia produtiva da erva-mate na Argentina e Brasil e nos estados brasileiros produtores. O método utilizado foi interpretativo com indicação da expansão por estado de área plantada das culturas, sua expansão de área da produtividade e rentabilidade, fazendo análise comparativas entre seus pares.

Resultado e discussão

Na interpretação dos dados, foi possível desenvolver análise da erva-mate, identificado o volume de produção, rendimento médio por hectares e análise da evolução/diminuição das áreas. Percebe-se que período de 2011 a 2020, houve crescimento na produção nacional de erva-mate em 18,91%, crescimento médio anual de 1,89%. Os estados brasileiros que apresentaram aumento de produção foram respectivamente, Paraná com 86,89% e Santa Catarina com 82,47%. Os estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul apresentaram declínio na produção respectivamente em -21,33% e -55,52%, Na Argentina o crescimento nesse período foi de 4,88%.

Observando a Tabela 1, é possível identificar que ano de 2018 no Brasil, foi o que apresentou a maior queda em relação a produção do ano anterior com -17,72%. Já na Argentina o ano de 2017 foi o de maior queda no período analisado, em -14,48%. É possível perceber que o setor que vive momentos de altas e baixas, que sofre influência em fatores climáticos ou a valorização de outras commodities agrícola que passam a ser mais vantajosas e por sua vez ocupam as áreas de erva-mate, como o estado de Mato Grosso do Sul, que nas décadas de 1930 a 1960, foi um dos maiores produtores de erva-mate e atualmente vive um declínio permanente evidenciado nas suas áreas de cultivo.

Tabela 1. Volume de produção de erva-mate em toneladas de folhas verdes

Ano/local	Paraná	Santa Catarina	Rio G. do Sul	Mato G. do Sul	Brasil	Argentina
2011	122202	45614	272719	3100	443635	775600
2012	180853	69064	260866	2473	513256	718190
2013	195403	50740	265515	3793	515451	692770
2014	225078	98594	276232	2655	602559	849825
2015	217851	91349	292416	1313	602929	809100
2016	242009	89625	297141	1781	630556	806936
2017	238244	78078	302000	1449	619771	690100
2018	182285	93400	232971	1293	509949	809302
2019	197352	89909	233434	1564	522259	837054
2020	228382	83233	214552	1379	527546	813454
Evolução (2011/2020)	86,89 %	82,47%	- 21,33%	- 55,52%	18,91%	4,88%

Fonte: Adaptado a partir de dados do IBGE e Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación-Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca da Argentina

O estado de Mato Grosso do Sul, também apresentou a maior diminuição da produção no período de 2011 a 2020 com – 55,52%. Desta forma, percebe-se que a cultura da erva-mate no Estado tem sido praticamente abandonada, cedendo lugar para produção de soja, milho e pecuária, ficando evidente que o milho e soja tiveram expansão de áreas, e em produtividade, deixando claro que o sistema produtivo da erva-mate não é atrativos, e que este sistema produtivo é direcionado para pequenos produtores, que não recebem incentivos e estímulos para produção acabam por abandonar essa cultura tradicional no estado de Mato Grosso do Sul.

A Tabela 2, identifica que o estado do Paraná teve maior aumento de rendimento médio de kg. por hectares no período de 2011 a 2020 em 98,75%. No mesmo período o Estado de Santa Catarina aumentou a produtividade em 4,44%. No estado do Rio Grande do Sul, houve diminuição em – 0,49%, e o Estado de Mato Grosso do Sul foi o que apresentou o maior índice de redução de produtividade em – 32,97%, percebe-se que essa diminuição é reflexo do abandono do cultivo de erva-mate no estado de Mato Grosso do Sul, pela substituição de produção de outras culturas que apresentam melhores ganhos para os produtores, mas de forma geral foi identificado que a produtividade no Brasil foi positiva com aumento médio entre os estado produtores em 22,59%.

Na Argentina o aumento da produtividade por hectares, foi de 4,11%, mas com nem tantas oscilações com no Brasil, porém com uma produtividade menor que o Brasil em 3.058 kg. Por hectares, para entender melhor essa diferença de produtividade necessitaria fazer outros estudos para verificar os processos de produção de cada país e suas tecnologias empregadas na cadeia produtivas da erva-mate.

Tabela 2. Rendimento médio de erva-mate em folhas verdes (em kg. por hectares)

Ano/local	Paraná	Santa Catarina	Rio G. do Sul	Mato G. do Sul	Brasil	Argentina
2011	3846	5426	8859	14091	6232	4401
2012	4929	6423	9080	14131	6723	4023
2013	6592	5400	9447	15052	7648	4004
2014	7951	7325	9601	9031	8507	4748
2015	7914	7075	9753	5734	8534	4936
2016	7838	6795	9704	6984	8414	4897
2017	7140	6776	9856	5407	8177	4076
2018	6988	5766	10039	7347	7766	4739
2019	7454	5750	10007	9714	7961	4848
2020	7644	5667	8816	9445	7640	4582
Rendimento (2011/2020)	98,75%	4,44%	- 0,49%	-32,97%	22,59%	4,11%

Fonte: Adaptado a partir de dados do IBGE (Brasil) e do Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (Argentina)

A produtividade mais acentuada no Mato Grosso do Sul, pode ser entendido pela falta de incentivos para manter a produção de erva-mate, como também em alguns casos, os ervais estão cedendo lugares para a cultura de soja e milho ou até para pecuária de corte.

É importante destacar que o início do cultivo da erva-mate, tem um gasto muito elevado, e as primeiras colheitas acontecem entre o 3º e 4º ano após o plantio, o que se torna uma cultura de longo prazo, sendo que neste período o produtor não tem como se manter com suas despesas pessoais, o que dificulta a sua implantação.

Outro fator desestimulante, que embora algumas regiões do estado de Mato Grosso do Sul estão inseridas na área de ocorrência natural da erva-mate, ainda não existem linhas de financiamentos específicos para implantação, desta forma o produtor teria que bancar os custos com seu recurso próprio, que nas maiorias das vezes não tem esses recursos disponível e dessa forma, acaba por adotar outros tipos de culturas com custos mais baixos com linhas de financiamentos disponíveis.

Tabela 3. Área plantada ou destinada a colheita de erva-mate (em hectares)

Ano/local	Paraná	Santa Catarina	Rio G. do Sul	Mato G. do Sul	Brasil	Argentina
2011	31779	8406	30840	319	71344	176250
2012	37017	10753	35000	175	82945	178500
2013	29843	9417	34909	252	74421	173000
2014	28629	13482	35240	294	77645	178995
2015	28026	12932	33222	314	74494	163908
2016	31658	13190	33445	328	78621	164789
2017	33376	11523	30780	268	75947	169291
2018	26086	16199	28948	186	71419	170785
2019	26476	15636	28022	171	70305	172650
2020	29876	14687	27413	146	72122	177530
Evolução de (2011/2020)	-5,99%	74,72%	-11,11%	-54,23%	1,09%	0,73

Fonte: Adaptado a partir de dados do IBGE (Brasil) e do Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (Argentina)

Na Tabela 3, percebe-se que no período de 2011 a 2020 não houve aumentos significativos de áreas plantadas ou destinada a colheita, no Brasil aumentos médios em 1,09 % e na Argentina 0,73% de áreas, o que represente uma expansão insignificante se comparada com outras lavouras, porém o estado de Santa Catarina tem se destacado na produtividade com aumento em 74,72% e Mato grosso do Sul com diminuição em -54,23%, o cultivo de erva-mate no estado do Mato Grosso do Sul, encontra em abandono, fato que vem ocorrendo a décadas, e que ainda não foi observada pelo governo para criação de políticas públicas de incentivo a recuperação deste sistema produtivo. Percebe-se, que existem situação diferente para cada estado, essas características são mais visíveis em estados que possuem um relevo que não propicia o desenvolvimento de agricultura mecanizada, mas para o cultivo de erva-mate pode ser perfeitamente ajustado, embora a produção exija maiores esforços braçais por não permitir maior mecanização.

Tabela 4. Participação produção de erva-mate (Brasil e Argentina - 2011 e 2020)

	2011	Participação (em %)	2020	Participação (em %)	Comparativo 2011 e 2020 (em %)
Brasil e Argentina	1.219.235	100	1.341.000	100	9,99
Argentina	775.600	63,61	813.454	60,66	4,88
Brasil	443.635	36,39	527.546	39,34	18,91
Mato G. do Sul	3.100	0,25	1.379	0,10	- 55,52
Paraná	122.202	10,02	228.382	17,03	86,89
Rio G. do Sul	272.719	22,37	214.552	16,00	- 21,33
Santa Catarina	45.614	3,74	83.233	6,21	82,47

Fonte: Adaptado a partir de dados do IBGE

Quando analisada a produção em toneladas, somada entre Brasil e Argentina no período de 2011 a 2020, nota-se que que houve aumento de 9,99% e que em 2020 a Argentina diminuiu sua participação gente o Brasil, representando 60,66% sendo que em 2011 era de 63,61%, nesse mesmo período, houve grandes mudanças na participação por estados brasileiros produtores de erva-mate, destacando que o estado do Rio Grande do Sul deixou de ser o maior produtor nacional, perdendo essa posição para o estado do Paraná, sendo que no ano de 2011, o Rio Grande do Sul representava 61,47% da produção brasileira, passando em 2020 para 40,67%. O estado de Santa Catarina também melhorou sua participação na produção de erva-mate, em 2011 representava 10,28% da produção nacional, em 2020 aumentou para 15,78%, assim é possível perceber como os sistema produtivo da erva-mate vai mudando de configuração ao longo dos anos.

Outra mudança bem significativa no setor produtivo da erva-mate aconteceu no estado de Mato Grosso do Sul, que em 2011 tinha uma produção que representava 0,70% da produção nacional, diminuiu ainda mais em 2020, para apenas 0,26% da produção nacional. Esses números deixam evidente que o estado não possui uma política sólida de fomento do cultivo da erva-mate.

Conclusões

O cenário da produção de erva-mate, está em constante transformação devido novos produtos podem ser produzidos, como produtos alimentícios, bebidas, farmacológicos, cosméticos e outros que poderá mudar os hábitos de consumo e aumentar a demanda.

Outro Cenário muito promissor para o cultivo da erva-mate, que em determinadas áreas do estado de Mato Grosso do Sul ela pode ser utilizada como reconstituição de Reserva Legal, tendo em vista que é uma espécie nativa desse bioma, assim atendendo ao código florestal em

vigor. Essa possibilidade de reconstituição da reserva legal, pode ser explorada, assim gerando empregos e rendas, fomentando o agronegócio, além de promover a sustentabilidade ecológica. Importante destacar que a erva-mate não tem concorrência de produtores tão acirrada como a soja e milho, onde a produção acontece praticamente em todos os estados brasileiros, sendo que a produção está limitada somente em quatro estados brasileiros, embora já se tenha experimentado seu cultivo em outros estados não foi conseguido êxito adaptabilidade de forma satisfatória.

Agradecimentos

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) e Universidad Nacional de Córdoba (UNC).

Referências Bibliográficas

- CONAB, COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMIENTO. (2023) Soja em números safra 2020/2021. <Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>.
- CASTILLO, R. A; FREDERICO, S. (2011). Espaço geográfico, produção e movimento: uma reflexão sobre o conceito de circuito espacial produtivo / Espaço geográfico, produção e movimento: uma reflexão sobre o conceito de circuito espacial produtivo. Sociedade & Natureza.
- CENTENARO, M.; SATTLER, A. S.; SILVEIRA, C.V.; CAETANO, H.C.R.O. (2020) Evolução da produção e tecnologia no cultivo de erva-mate: Análise entre Brasil e Argentina, Revista Profanações.
- DANIEL, O. (2009). Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial. Ed. UFGD.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023) Produção Agrícola Municipal. em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>.
- HIRAKURI, M.; LAZZAROTTO, J. (2014) Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina, PR.
- MINISTERIO DE HAZIENDA. (2019) La yerba mate crece en el mercado interno y externo. Disponível em: <<https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-yerba-mate-crece-en-el-mercado-internoy-externo>>.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN- Secretaría De Agricultura, Ganadería Y Pesca. (2023). <Disponível em: <<https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>>.
- PICHELLI, K. Importância do setor ervateiro. (2019). Embrapa Florestas. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias//noticia/18513660/software-auxiliaprodutores-de-erva-mate-a-fazer-planejamentoeconomico>>.
- PONTES, H. L. J., DO CARMO, B. B. T., & PORTO, A. J. V. (2009). Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão. Revista Sistemas & Gestão.

Diagnóstico del sistema de agronegocios de la yerba mate en Paraguay

Rebollo, Mauricio^{1,*}; Palau, Hernán²; Senesi, Sebastián²

¹Investigador. Facultad de Ciencias Químicas-Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

*mauricio.rebollog@gmail.com

²Docentes. Maestría Agronegocios y Alimentos-Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Resumen: La yerba mate con dispersión natural y autóctona en Sudamérica, revela mucha cultura, costumbres ancestrales, mano de obra y oportunidad de negocios para muchas personas, campesinos, tareferos, acopiadores, secadores e industriales. Argentina y Brasil (principales productores globales) poseen mercados diversificados con exportaciones importantes y mayor desarrollo comercial. Los sistemas de agronegocios se conciben como un conjunto de actores, más o menos coordinados, que administran sus esfuerzos para abastecer a una demanda global cada vez más ávida de productos diferenciados y con parámetros de calidad específicos. Esta investigación pone foco especial en el sistema de agronegocios de la yerba mate desarrollado en Paraguay como tercer productor con un diagnóstico inicial que incluya sus fortalezas y debilidades dentro de la perspectiva del desenvolvimiento nacional dentro del contexto regional. Para cumplir con los objetivos planteados se utilizaron las etapas 2 y 4 del método EPESA, Estudio y Planificación Estratégica del Sistema de Agronegocios. Se estudió el sistema de la yerba mate de Paraguay, realizando un mapeo del sistema y un análisis de los ambientes institucional, organizacional, tecnológico y comercial, donde el grado de alineación de los tres ambientes y el nivel de costos de transacción determinan la performance económica del ambiente comercial y el nivel competitivo del sistema. La yerba mate en Paraguay es un sistema de agronegocios tradicional, con alta desconcentración de la producción y atomización de la oferta, donde los principales actores ponen foco en el mercado nacional. Los vaivenes en la producción de yerba mate y la tendencia creciente en las exportaciones nos llevan a preguntarnos cuáles son los factores que influyeron sobre el desempeño del sistema y las limitaciones para alcanzar mercados internacionales. A pesar de contar con tasas positivas de crecimiento interanual en área cosechada (10%), productividad (7,6%) y exportaciones (20%), aún se pone mucho foco en un mercado interno (98%), con parámetros atenuados en tecnología, infraestructura, prácticas de producción y estándares de calidad, al no premiar la calidad. Los bajos niveles de enforcement institucional generan altos costos de transacción y mal desempeño en el sistema impactando negativamente en las posibilidades de inversión y mejora continua, limitando a las empresas a establecer estrategias para la internacionalización del producto. Las reglamentaciones claras dispuestas por el MIC, INAN, SENAIVE, INTN, MAG no son del todo internalizadas por las yerbateras del sector privado. De esta forma, se da un path dependency productivo y comercial que restringe un mayor desarrollo del sistema en su conjunto, dada la baja propensión a la innovación e inversión en tecnologías. Al analizar el sistema yerbatero paraguayo si bien se tienen varios puntos positivos, se encuentra un ambiente institucional débil impactando negativamente a nivel organizacional, denotando muchas deficiencias en proyectos de reconversión con potenciales oportunidades de crecimiento del sector.

Palabras clave: Agronegocios. Path dependency. Ambiente institucional. Competitividad. Mercados internacionales.

Introducción

Contexto del negocio. Un punto importante por considerar son las instituciones informales como lo son la cultura, la tradición, las normas, y costumbres, tendencias de consumo, códigos de conducta y las limitantes que proyecta esto en el Paraguay, y específicamente dentro del Sistema de Agronegocios (SAG) yerbatero. Si bien el conocimiento y el interés del consumidor por la calidad de los alimentos que consumen se ha profundizado notoriamente a partir de 1990 (Palau, 2005), el consumidor ha ido experimentando cambios en cuanto a los gustos y el mercado local ha ido transformándose como respuesta a estos nuevos hábitos y preferencias. Esto lleva a conocer más y mejor la demanda a fin de establecer criterios de adaptación institucional, organizacional y tecnológica (Palau y Senesi, 2013). La producción, consumo y transacciones de yerba mate se focaliza en gran medida dentro del MERCOSUR, en donde en primer lugar el Argentina (55%), Brasil (36%), seguida de Paraguay (9%) se distribuyen toda la producción de yerba mate (FaoStat). Paraguay se encuentra muy por debajo en cuanto a la balanza comercial se refiere, en donde Argentina y Brasil se han sabido imponer como país exportador. Paraguay recién hace muy pocos años ha podido superar la barrera de las 1.000 toneladas (Trademap).

En Paraguay se viene teniendo una tímida recuperación en cuanto a la superficie de cultivo de la yerba mate luego que haya sufrido drásticas caídas desde hace décadas. El cultivo de la yerba mate representa un rubro que está dentro de un proceso en donde el negocio intenta recuperar eficiencia frente a los buenos precios relativos de otros rubros como la soja, el maíz, el trigo, el arroz, o el girasol y canola, principal factor de abandono de yerbales y transformación de los cultivos a otros con mayor potencial de lucro (Barceló & Báez, 2011). El precio de la hoja de yerba mate en finca o puesta en secadero es una variable que incide en la evolución del negocio, pero también es importante el logro de mejoras en la productividad para obtener una unidad de producto. La agricultura familiar campesina es la principal característica de este rubro, pero los inconvenientes en la producción, logística y comercialización son constantes, lo que afecta la viabilidad de la actividad. Cada año hay diferencias de apreciación entre productores y secaderos en la fijación del precio de la hoja.

Definición del problema. A pesar de que varias empresas agroindustriales del sector privado en la región oriental del país cuentan con las condiciones necesarias, algunas no han podido aprovechar el potencial de este producto con fines de exportación. Hoy en día, ingresar al mercado internacional implica hacerlo de manera competitiva (Córdoba et al., 2018). Comprendiendo el alto consumo interno de yerba mate, conquistar nuevos mercados es uno de los desafíos principales para interponerse al consumo interno como limitante y sortear el obstáculo de tener que producir lo necesario para vender (Burtnick, 2006). Si comparamos al 2020 las exportaciones de yerba mate de cada país, tenemos que si bien, Brasil destina a penas un 6%, y la Argentina destina el 11% de su producción, Paraguay logra exportar aproximadamente el 1% de su producción nacional (Trademap y FAOStat).

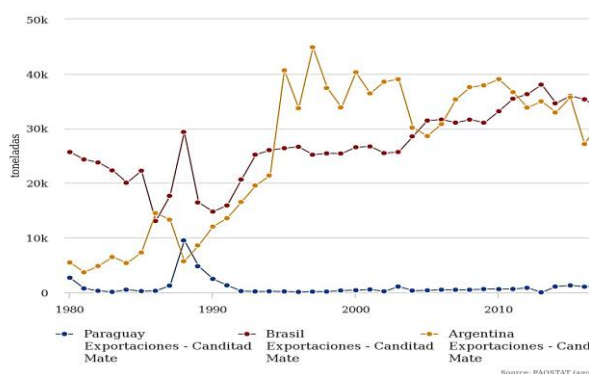


Figura 1. Cantidad de exportación de yerba mate por país (1980-2019). Fuente: FAOStat

Las limitaciones en cuanto a producción, área cosechada y de exportaciones nos llevan a preguntarnos qué elementos fueron los causantes. Por un lado, existen diferencias de apreciación entre los productores y secaderos por la fijación del precio de la hoja de yerba mate en finca o puesta en secadero, así entonces, el valor de la yerba mate es una de las principales variables que incide en la evolución del negocio. Por ello, el análisis de las transacciones y cómo el ambiente institucional influye sobre las mismas es clave para la comprensión de la situación del sistema de agronegocios (SAG) de la yerba mate en Paraguay.

Otro aspecto por considerar es el ambiente tecnológico y los niveles de inversión y tecnología aplicada. Este aspecto es relevante analizarlo en el marco de que la yerba mate es producida principalmente por pequeños productores, los llamados “agricultores familiares campesinos”, en donde no es la capacidad de producción, buenos rendimientos o administración de recursos, sino la convivencia con inconvenientes en la producción, logística, y comercialización es la constante. Surge así la siguiente pregunta: *¿Cómo se encuentra el SAG de la yerba mate en Paraguay y cuáles son las posibilidades de que empresas paraguayas incursionen y se consoliden en forma determinante en el mercado internacional ante las restricciones presentes?* El objetivo del estudio es “realizar un diagnóstico del sistema de agronegocios de la yerba mate en Paraguay a fin de identificar fortalezas y limitaciones en los aspectos institucionales, organizacionales, tecnológicos y comerciales que permitan dilucidar sobre las posibilidades de exportar yerba mate”.

Materiales y métodos

Se realiza un estudio de la situación actual del SAG de la yerba mate en Paraguay y así plantear esbozar conclusiones sobre el nivel de desempeño de la cadena. Se utiliza como herramienta metodológica, las primeras etapas del “Estudio y Planificación del Sistema de Agronegocios” (Senesi, 2009). Este método EPESA se construye en combinación metodológica del enfoque de cadenas (Ordóñez, 2000) y el método GESIS (Fava Neves, 2008), y se basa en el hecho de que brinda las herramientas necesarias para comprender el desempeño de un SAG, y así poder identificar su restricción en función del mercado. Se realiza con una descripción cuali-cuantitativa del sistema, se analiza la estructura interna actual, y se caracteriza el sector desde los factores claves que explican la conducta y desempeño del país. Este mapeo es asimilado mediante un análisis de las transacciones existentes desde el ambiente institucional, organizacional y tecnológico, en cuanto a su situación productiva y comercial (Área de cultivo, producción, rendimiento y balanza comercial).

Resultados y discusión

Mapeo del sistema de agronegocios de la yerba mate en Paraguay. La yerba mate considerada como exportable, cuenta con un crecimiento relativo en las exportaciones que depende del aumento del volumen y la calidad de la producción (Instituto Desarrollo, 2012). Desde una perspectiva social, el 92% de la producción primaria de yerba mate la realizan pequeños productores, de “Agricultura Familiar”, y solo el 8% es de “Agricultura Empresarial” (MAG, 2016). Entre el 2008-2013 se mantuvieron unas 9.052 fincas cultivando yerba mate y unos 16 millones de plantas de yerba mate (Britez, 2017), y para el 2019 este número de fincas creció hasta unas 15.452 unidades aproximadamente produciendo yerba mate canchada y elaborada. La agroindustria de la yerba mate es tradicional en Paraguay y se caracteriza por la producción de pequeñas y medianas empresas que venden fundamentalmente para el mercado interno. Mientras que el consumo aparente de yerba mate ha aumentado en los últimos 20 años, prima la falta de capacitación en el manejo de las BPM tanto para los zafreiros como para los capacitadores y técnicos especialistas. El gusto del consumidor del interior difiere al de la

capital, empujado con la entrada de nuevos consumidores, principalmente jóvenes, que prefieren las yerbas saborizadas. **Principales indicadores productivos.** A pesar de contar con tasas positivas de crecimiento interanual en área cosechada (10%), productividad (7,6%) y exportaciones (20%), aún se pone mucho foco en un mercado interno (98%), con parámetros atenuados en tecnología, infraestructura, prácticas de producción y estándares de calidad, al no premiar la calidad a partir del aumento de la superficie cultivada y un aumento del rendimiento por hectárea, la producción pasó a aproximadamente 120 mil toneladas de yerba mate. Según el censo del año 2008 realizado en el país, el 79,2% de las propiedades que produjeron yerba mate poseen hasta 50 has., y el 1,3% de entre 50 a 100 has.; y el 6,6% posee entre 200 has. y 10.000 has. (MAG, 2008). Cerca del 50% de los pequeños productores (agricultura familiar) forman parte de cooperativas, las que cuentan con procesamiento en secaderos, molinos y distribución, con servicios productivos y venta de insumos agrícolas. Se presenta a continuación la superficie implantada y la producción de yerba mate en Paraguay (1980-2019) (Figuras 2 y 3). Desde hace unos 10 años que la balanza comercial de la yerba mate en Paraguay viene presentando aumentos al tanto que en el periodo 2017/18 se haya llegado a duplicar la exportación del periodo 2010/2011. En el año 2019 se registró una exportación anual de 4.196 toneladas de yerba mate por un valor de USD 6,6 millones. En el pasado, se importaba yerba mate de países vecinos, pero actualmente el comité mixto interinstitucional no aprueba licencias para la importación de yerba mate canchada, lo que sugiere que lo que ingresa al país proviene del contrabando. Además, la falta de un sistema de trazabilidad de stock de producto en la industria agrava esta situación (Duarte, 2020-Entrevista).

La producción de yerba mate en Paraguay se ha estancado, lo que ha llevado a un déficit comercial en la industria. A pesar de esto, las importaciones de yerba mate son escasas y el consumo es alto en el mercado interno debido a las costumbres arraigadas de la población. La falta de políticas para el manejo del sector ha sido un factor contribuyente. El consumo aparente de yerba mate en los últimos 20 años se ha mantenido en 9,5 kg/per cápita/año (González et al. en 2013 y Revista Alimentaria, 2019).

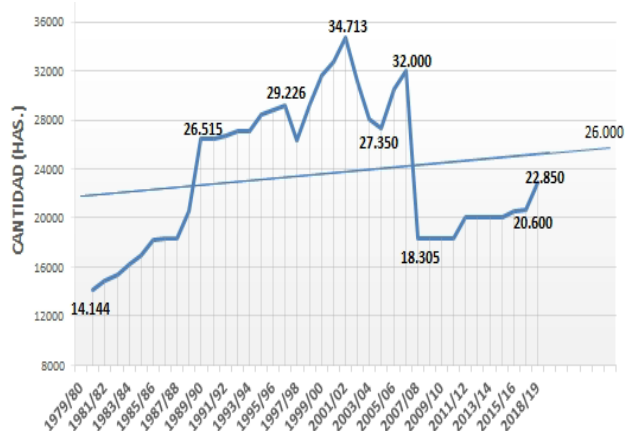


Figura 2. Superficie implantada de yerba mate en Paraguay (1980-2019).

Fuente: FAOSTAT y MAG (2016)

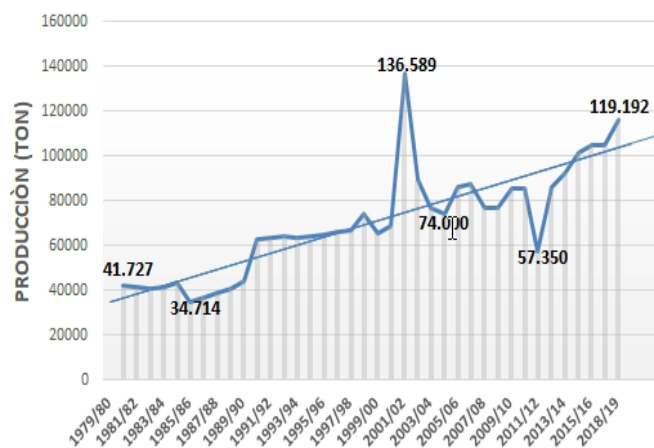


Figura 3. Producción de yerba mate en Paraguay (1980-2019).

Fuente: FAOSTAT y MAG (2016)

Análisis Estructural Discreto. Ambiente Institucional. El marco institucional que rige el sistema de agronegocios de la yerba mate en Paraguay está comprendido por normativas legales y reglamentarias. El sistema de agronegocios de la yerba mate de Paraguay, así como otros rubros, carece de un sistema de comercialización con reglamentaciones sobre calidad y cumplimiento de contratos (Barceló & Báez, 2011). Se han establecido especificaciones de calidad para el producto y para su comercialización se requiere la certificación del INTN basados en norma paraguaya.

A pesar de esto, el nivel de enforcement es bajo y hay una falta de mecanismos de control y sanción a las empresas que incumplen las directrices. En 1998 se conformó una comisión multidisciplinaria para estudiar la problemática yerbatera nacional, pero este decreto hoy carece de control y sanción a las empresas que lo incumplen. En la última década se han observado algunos avances institucionales, como la publicación de un Plan Nacional de la Yerba Mate en 2015, pero no ha podido ser insertado en el presupuesto nacional para ser fondeado los proyectos necesarios. A pesar de esto, se han logrado algunos resultados favorables en normalización, capacitaciones a productores y secaderos en BPM y en la promoción de la yerba mate a nivel internacional. Aunque los organismos del estado a cargo del control de la actividad de los secaderos tienen falta de compromiso y competencia, se han tomado medidas para consolidar la calidad del producto y facilitar los esfuerzos hacia la concreción de acuerdos comerciales que posicionen a la yerba mate paraguaya hacia mercados internacionales. Estas directrices institucionales mencionadas fueron relegadas en su cumplimiento desde sus inicios con una tolerancia para su cumplimiento que solo conllevó a que los actores puedan utilizar el oportunismo para aumentar utilidades a través de la falta de controles necesarios, demostrando debilidad en la aplicación de la legislación nacional. (Rodríguez, 2020; Duarte, 2020 – entrevistas). En lo que refiere al enforcement de la ley, se siente la falta de compromiso y competencia por parte de los organismos del estado a cargo del control de la actividad de los secaderos como establecimientos de alimentos. Esto sin olvidar el control y concienciación sobre el uso adecuado y racional de la leña, debido a la falta de alternativas energéticas apropiadas para el secado de la yerba mate. Cada año los productores e industriales reclaman la falta de políticas de estado en la regulación del sector yerbatero, y el escaso aporte del estado para fomentar investigación y mejoramiento de la calidad del cultivo, son factores que desalientan esta actividad agroalimentaria (Molinas, 2012).

Ambiente organizacional. En el ambiente organizacional del SAG de la yerba mate en Paraguay, los jugadores son empresas, organismos públicos y ONG. La mayoría de los más de 9000 productores son de agricultura familiar y venden la hoja verde a empresas o cooperativas de secado/industrialización. Estos productores tienen bajos niveles de inversión en tecnologías y diversifican su actividad económica con otros cultivos temporales. En muchos casos, la decisión de conservar sus yerbales no viene sostenida muchas veces por un deseo de obtener un lucro interesante sino más bien, por cuestiones de tradición familiar en esta actividad o por las altas barreras de salida que tiene este cultivo.

Como se observa en la Fig.4, el SAG de la yerba mate involucra proveedores de insumos, productores, asociaciones, intermediarios, industrias, exportadores y organismos de apoyo. El cultivo se da bajo formas organizacionales generalmente de iniciativas propias, pero también se identifican formas cooperativas. La producción primaria abarca actividades desde el cultivo de la planta, su primera poda, la tarea y la colecta local de las cooperadoras. En el SAG de la yerba mate en Paraguay, los productores se dividen en tres grupos: Los **productores independientes pequeños** tienen yerbales entre 1 y 5 hectáreas, con cultivo tradicional y poca inversión en tecnología. Los **productores asociados en cooperadoras** se organizan para recolectar la cosecha de los socios y obtener mejores condiciones de negociación de su producto. A diferencia de una Cooperativa, entiéndase cooperadoras como una asociación o comité de productores que tiene como fin establecer sociedades de venta en conjunta, de modo a recolectar la mayor cantidad de la cosecha local. Los **productores independientes grandes** o dentro de campos propios de empresas molineras, tienen yerbales entre 15 y 50 hectáreas, con mejor tecnología, mayor inversión y maquinarias e infraestructura de campo para una cosecha rentable y profesional.

Estos últimos cuentan con mejor información sobre las últimas actualizaciones de buenas prácticas en la cosecha de la yerba mate. En los últimos años, productores primarios propietarios de sus propios secaderos locales fueron dejando esta actividad por no compensar la rentabilidad o no poder sostener la capitalización de este proceso tecnológico, las cuales fueron absorbidos por las grandes industrias molineras (Zelada, 2020-entrevista).

Dentro del sistema, las transacciones más importantes son las que se dan entre el productor de yerba mate y la cooperativa; el productor independiente y los secaderos; y entre los secaderos y los molinos, quienes poseen

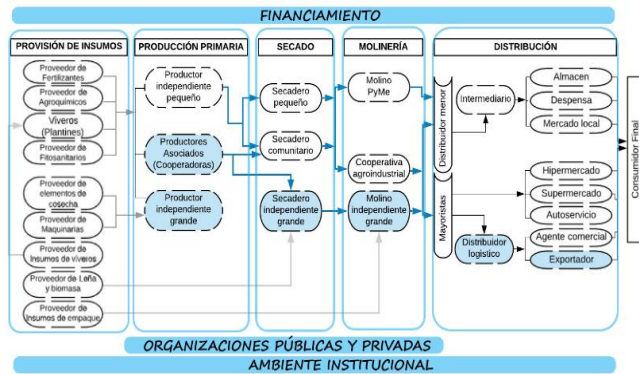


Figura 3. SAG de la yerba mate en Paraguay
Fuente: Elaboración propia

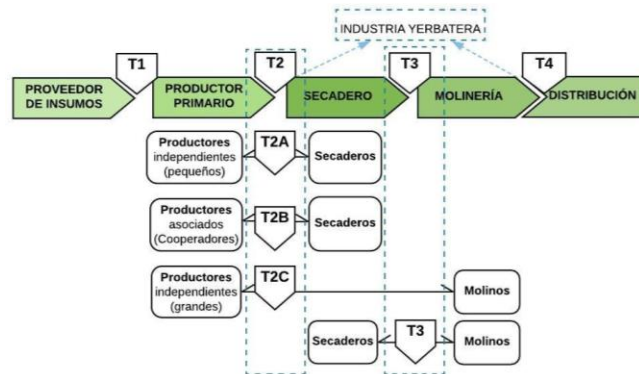


Figura 4. Transacciones y sub-transacciones presentes
Fuente: elaboración propia

frecuencia, incertidumbre, especificidad de activos y estructura de gobernanza características a un nivel de costos de transacción dado (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de las transacciones y estructuras de gobernanza

Transacción	Frecuencia	Incertidumbre	Activos específicos	Nivel costos de transacción	Estructura de gobernanza	Alineación
T1 Proveedor de Insumos – Productor	Media-Alta	Baja	Baja	Bajo	Mercado spot	SI
T2A Productor independiente pequeño-Secadero	Media	Media-Alta	Alta	Alto	Mercado spot	NO
T2B Productor Asociado - Secadero	Media	Media	Alta	Medio	Formas híbridas	NO
T2C Productor independiente grande-Molino	Alta	Baja	Alta	Bajo	Integración vertical	SI
T3 Secadero - Molino	Media	Media-Alta	Alta	Bajo	Formas híbridas	SI
T4 Industria-Distribuidor	Alta	Baja	Baja	Bajo	Contratos	SI

Fuente: Elaboración propia en base al Análisis Estructural Discreto del SAG de la yerba mate.

Ambiente tecnológico. La cosecha es una actividad que el productor en muchos casos se desliga y encarga al cooperador, quien delega a un equipo de cosecheros; donde muchas veces es el quebrador quien con menos conocimiento y experiencia viene a disponer de las hojas en las ponchadas (Brítez, 2017). Considerando que existe una forma tradicional y una cosecha mejorada, clave para mantener la productividad del yerbal, lo que hace que el tarefero se especialice como podador y sea un actor importante ya que este debe tener los conocimientos necesarios para realizar una buena cosecha a través de sus podas estimulando a nuevos brotes para la cosecha del siguiente año, lo que requiere mayor tiempo de dedicación a los yerbales (Zelada, 2020-entrevista).

Discusión. La debilidad del marco institucional del SAG en Paraguay juega un rol preponderante, enfrentando un bajo enforcement de ciertas leyes que afectan la calidad e inocuidad del producto como también resulta en altos costos de transacción, comportamiento oportunista y falta de intervención gubernamental en la fijación del precio de la hoja de yerba mate. Además, la falta de inversión en investigación y mejoras en la calidad del cultivo desalienta el desarrollo del rubro.

La falta de coordinación entre los principales actores del SAG de yerba mate en Paraguay y la falta de cumplimiento de contratos existentes agudizan la desconfianza entre los mismos. La integración vertical es una opción para algunos productores más grandes para reducir costos de transacción. La falta de representatividad y salvaguardas suficientes en las reuniones entre los actores impide la convergencia en ideas que puedan ser cumplidas durante la campaña productiva.

La renovación y profesionalización del SAG debe priorizar el desarrollo e incorporación de recursos humanos capacitados, innovación de productos y contactos con centros de investigación y personas de talento. A pesar de la importante función de las cooperativas en la cosecha y puesta en los secaderos, se encuentra una falta de coordinación entre los principales actores del SAG de yerba mate en Paraguay que por muchos años no demostraron la cohesión suficiente hacia la colaboración en proyectos que conlleven a mejorar el desempeño del sistema. La falta de cumplimiento de contratos existente entre los actores hace que año tras año se agudice la desconfianza entre los mismos buscando otras opciones ventajosas individuales.

Conclusiones

El SAG de la yerba mate en Paraguay presenta un escenario favorable para los negocios con potencial de crecimiento gracias a los resultados favorables en producción y buenos rendimientos por hectárea. Sin embargo, las limitaciones en el ambiente institucional, organizacional y tecnológico impactan en el ambiente comercial y en el desempeño del sistema. El contexto del **ambiente institucional** no ha permitido generar oportunidades radicales para iniciar reformas estructurales ni para aprovechar las ventajas comparativas y competitivas potenciales de este producto. Se cuenta con un marco legal y normativo importante que, si bien delinea inicialmente las reglas dentro de este rubro, las mismas no se encuentran adentradas por los diferentes actores, y aún se imponen la falta de control del cumplimiento de los mismos y flagelos como la impunidad al contrabando, asimetría en la información y oportunismo.

Dentro del **ambiente organizacional**, se debe focalizar en la estructura de gobernanza entre los productores primarios y los secaderos, que se dan bajo estructuras de gobernanza de mercado spot y formas híbridas respectivamente. Estas estructuras no están alineadas y tienen altos costos de transacción, lo que reduce los incentivos para invertir y mantener la calidad e inocuidad del producto. Las industrias se han integrado verticalmente para minimizar la fricción con los productores por la obtención de la materia prima. Las cooperativas cumplen una función clave para lograr una correcta y oportuna cosecha, capitalizando al pequeño productor que ha cuidado los yerbales durante ese periodo. Es importante definir las características de las transacciones, el intercambio, la estructura de gobernanza y la estrategia de negocios en este ambiente.

En el **ambiente tecnológico** del SAG de la yerba mate en Paraguay, se debe trabajar en forma coordinada entre el sector privado y público para establecer políticas claras y adentrar nuevas técnicas de cultivo en los pequeños productores. Los productores que no se integran a un nuevo modelo de producción y no cuidan los cultivos y la cosecha tienen peores resultados económicos. Las estrategias de comercialización son importantes para promocionar la yerba mate paraguaya y consolidarla como un producto especializado y diferenciado. Se encontraron experiencias que muestran que el reconocimiento internacional de la yerba mate paraguaya como un producto diferenciado aumenta sus posibilidades en el mercado internacional.

Agradecimientos

A mis tutores de la UBA del programa de Maestría en Agronegocios por guiarme. A los técnicos Ing. Natalia Zelada, Ing. Enrique Rodríguez, Ing. Lorenzo Duarte por aportar datos y experiencias. Al INTN y FCQ-UNA por el apoyo laboral.

Referencias Bibliográficas

- BARCELÓ M. & BAÉZ E. 2011. Fortalecimiento de las capacidades técnicas de funcionarios del MAG en cadenas productivas como parte del proceso de fortalecimiento de la competitividad del Paraguay/MAG; ALADI - Cadena de la yerba mate.
- BRITEZ, E. 2017. Primer foro de producción de yerba mate asociada al Monte Nativo: memoria. Guyra Paraguay. Asunción.
- BURTNICK O. J. 2006. Yerba mate: manual de producción [Informe]/ Agencia de Extensión Rural Santo Tomé - Corrientes; Instituto Nacional de Tecnología Agrícola - Corrientes-Argentina: INTA - pág. 52 - (INYM) - 3ra edición.
- CÓRDOBA, GLADYS M.; RODENES, MANUEL; RUEDA GLADYS E.; 2018. Influencia de la innovación en la competitividad de las empresas exportadoras. Red Internacional de Investigadores en Competitividad, Memoria del X Congreso, p. 1050-1064

- GONZALEZ, C.; KOLBE, D.C.; KUSCHEL, R.M.; SCHMIDT, B.; BRITOS, F.; SOSA, R.; ZARZA, O.; MASLOFF, V.; NUÑEZ, C.; VENIALGO, N.; KARBAUM, G.; 2013. Plan Nacional de Yerba Mate/Vicepresidencia de la República del Paraguay y Gobernación de Itapúa
- FAVA NEVES, M. 2008. Método para planeamiento e gestão estratégica de sistemas agroindustriais (GESis). Em: Revista de Administração, São Paulo, Vol. 43 (4): 331-34
- INSTITUTO DESARROLLO. 2012. Estudio de recopilación de datos sobre cultivos potenciales para la exportación producidos por pequeños productores en el Paraguay. - Instituto de desarrollo // financiado por JICA– Especialistas Japoneses: Tamayo Ito, Nobuki Toyooka
- MAG. 2016. Síntesis Estadísticas - Producción agropecuaria. Año agropecuario 2015/2016 [Informe]/Dirección de censos y estadísticas agropecuarias-Departamento de estadísticas; Ministerio de Agricultura y Ganadería-Paraguay
- MOLINAS A. S. 2012. Importancia, potencialidades y desafíos del sector agro-rural paraguayo [Medio electrónico] / Producido por la Unión de Gremios de la Producción. - Asunción-Paraguay. UGP. – Pág. 115 (24-92)
- ORDÓÑEZ H. A. 2000. "La Nueva Economía y Negocios Agroalimentarios" / ed. Orientación Grafica Editora SRL-Argentina. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires- 2º edición, 2009
- PALAU H. 2005. Agronegocios de ganados y carnes en la Argentina: restricciones y limitaciones al diseño e implementación de sistemas de aseguramiento de origen y calidad. Estudio de caso múltiple." Facultad de Agronomía, UBA-Argentina.
- PALAU H. & SENESI, S. 2013. Nueva Economía Institucional y Sistemas Agroalimentarios (NEISA) [Libro] - Buenos Aires. Programa de Agronegocios y Alimentos-Facultad de Agronomía-UBA- pág. 34.
- PRAT KRICUN S. 2006. Guía para la aplicación de BPM en yerba mate: financiamiento de PROSAP-BIRF ARG- Argentina.
- SENESE S. 2009. Estudio y Planificación Estratégica del Sistema Agroalimentario. Documento publicado en el libro "El sistema de agronegocios de la soja en Argentina, su cadena y prospectiva al 2020" Método EPESA–1ºed. Buenos Aires-FAUBA

Yerba mate: Mercados y aranceles

Enciso, Víctor; Benítez Moran¹, Wilma; Yegros, María Cristina¹; Salas-Mayeregger, Julio¹; Ramírez Álvarez, Plinio Esteban¹

¹Docentes investigadores. Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, venciso@agr.una.py; wielbem@gmail.com; cristina.yegros@agr.una.py; jsalas@agr.una.py; esteban.ramirez@agr.una.py

Resumen: Los aranceles, son las medidas comerciales más visibles y más frecuentemente utilizadas que determinan el acceso de las mercancías a los mercados. Existen diversos tipos de aranceles, arancel ad valorem, mixto, compuesto, y técnico. Los países miembros de la Organización Mundial de Comercio (OMC) tiene establecido (consolidado) el arancel máximo que pueden aplicar, que no es siempre el que realmente aplican. Este suele ser menor. Con relación a esto, el presente trabajo explora los aranceles a que se enfrentan las exportaciones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) en los diversos mercados y para cada uno de los principales países productores, a saber, Argentina, Brasil y Paraguay. Los mercados fueron los correspondientes al periodo 2018-2022. Los aranceles al 2022. La investigación fue exploratoria de tipo cuantitativo, y no experimental en el que se analizaron preferentemente datos relacionados con mercados y aranceles. Los datos de exportación fueron extraídos de *Trade Map* y los aranceles de *Market Access Map*, ambas administrada por el Centro de Comercio Internacional. La información obtenida fue organizada en tablas y gráficos para su estudio. Estos mostraron que Argentina es el único de los tres que destina la mayor parte de su exportación a mercados extra regionales, mientras que Brasil y Paraguay exportan la mayor parte al mercado regional. Otros mercados importantes son Estados Unidos y la Unión Europea. Respecto a los aranceles aplicados en los mercados destinos en el tiempo antes indicado, solamente Siria y Bolivia tienen aranceles. El primero aplica como arancel de 10%, en tanto Bolivia no aplica aranceles a los tres países productores debido a la vigencia de acuerdos comerciales entre las partes. Se concluye que el Paraguay y los otros países productores enfrentan arancel cero en la mayoría de sus mercados, sea este el regional (MERCOSUR), así como en dos de las mayores economías del mundo (UE y EEUU). Es la excepción, el mercado sirio.

Palabras clave: Yerba mate. Aranceles. Mercados.

Introducción

La política comercial es el conjunto de normas que un determinado país adopta en su trato comercial con otros países. La política comercial se implementa a través de los denominados instrumentos de política comercial. Si bien cada país es soberano para desarrollar y aplicar su política, aunque en niveles de integración tipo unión aduanera (MERCOSUR) y superiores (Unión Europea), se elabora y aplica como bloque comercial. Los principales instrumentos son: aranceles a las importaciones, cuotas de importación, restricciones voluntarias a las exportaciones e importaciones, aranceles a las exportaciones, subsidios a las exportaciones, y otras tales como medidas sanitarias y fitosanitarias, políticas de compras gubernamentales, etc. (Suranovic, 2013). Los aranceles, denominados también "derechos de aduana", son las medidas comerciales más visibles y más frecuentemente utilizadas que determinan el acceso de las mercancías a los mercados.

En el contexto del comercio internacional, un arancel es una carga financiera en forma de impuesto que se aplica en frontera a las mercancías transportadas de un territorio aduanero a

otra producción de un país (Suranovic, 2013). Existen diversos tipos de aranceles. El arancel ad valorem es calculado sobre la base del valor de la mercancía importada, expresado en porcentaje de ese valor. La aplicación de un arancel ad valorem del 2% a un tractor importado cuyo valor es de USD 40.000 dará lugar a una obligación de pago de USD 800 en concepto de derecho de aduana. Arancel mixto es calculado sobre la base del valor de las mercancías importadas (derecho ad valorem) o de una unidad de medida de las mercancías importadas (derecho específico). En el caso del tractor será 2% ad valorem o 1.000 USD/t, si esta última cantidad fuera más elevada. El arancel compuesto es calculado sobre la base del valor de las mercancías importadas (derecho ad valorem) y de una unidad de medida de las mercancías importadas (derecho específico). Se suele calcular sumando un derecho específico y un derecho ad valorem. Ejemplo: 2% ad valorem más USD/t 10. El arancel técnico se calcula sobre la base de los contenidos específicos de las mercancías importadas, de los derechos pagaderos por los componentes o de determinados artículos conexos. Por ejemplo, en el caso de una computadora será USD/unidad 3 más USD 2 por cada kg de la batería.

De igual modo, los aranceles pueden agruparse en consolidados y aplicados según los Acuerdos de la Organización Mundial de Comercio (OMC) (Organización Mundial de Comercio (OMC), 2023). Los aranceles consolidados son los máximos consignados en las listas de compromisos de los Miembros, mientras que los aplicados son los que los países aplican a los productos. Los aplicados pueden ser menores a los consolidados, pero no superior. Uno de los principios de la Organización Mundial de Comercio es que el comercio no debe ser discriminatorio. Desde la perspectiva arancelaria esto implica que no puede aplicar distintos aranceles para un mismo producto, sino que el arancel debe ser igual para todos sus socios. Su importancia se refleja en que es el primer artículo del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT). Existen ciertas excepciones. Dentro de un acuerdo comercial, los miembros pueden aplicar entre si aranceles inferiores sujeta a la condición que el acuerdo haya liberado el 90% del intercambio entre los mismos. Otra excepción es cuando los países desarrollados otorgan trato preferencial a productos de países en desarrollo.

En base a lo expuesto, surge la pregunta de investigación ¿Qué aranceles paga la yerba mate? De ahí este trabajo tuvo por objetivo identificar aranceles que Argentina, Brasil y Paraguay enfrentan en el acceso a sus diferentes mercados de exportación.

Materiales y Métodos

La investigación fue exploratoria de tipo cuantitativo, y no experimental en el que se analizaron preferentemente datos relacionados con mercados y aranceles. De acuerdo con Mendez Alvarez, (2001) una investigación exploratoria constituye el primer eslabón hacia investigaciones de mayor profundidad. Además, ayuda a través de consultas con distintas fuentes de información comprender el tema bajo estudio. La fuente de información fue secundaria. Los datos de exportación fueron extraídos de *Trade Map* y los aranceles de *Market Access Map*, ambas administrada por el Centro de Comercio Internacional. El primero es una base de datos de "...indicadores de desempeño exportador, de demanda internacional, de mercados alternativos y de mercados competitivos, así como un directorio de empresas importadoras y exportadoras" (Centro de Comercio Internacional (ITC), 2023). En tanto la segunda es de "...aranceles aduaneros, medidas comerciales correctivas, Medidas no arancelarias y datos comerciales en general o por país" (Centro de Comercio Internacional (ITC), 2023). Los datos de comercio correspondieron al periodo 2018-2022, mientras las de aranceles fue del año 2022. La información obtenida fue organizada en tablas y gráficos para su estudio.

Resultados y Discusión

Mercados

Los principales importadores de yerba mate en el periodo considerado han sido Uruguay (34%), Siria (27%), Argentina (18%), Chile (6%) y la UE (7%). Los principales exportadores Brasil (44%), Argentina (40%) y Paraguay (10%) (Figura 1).

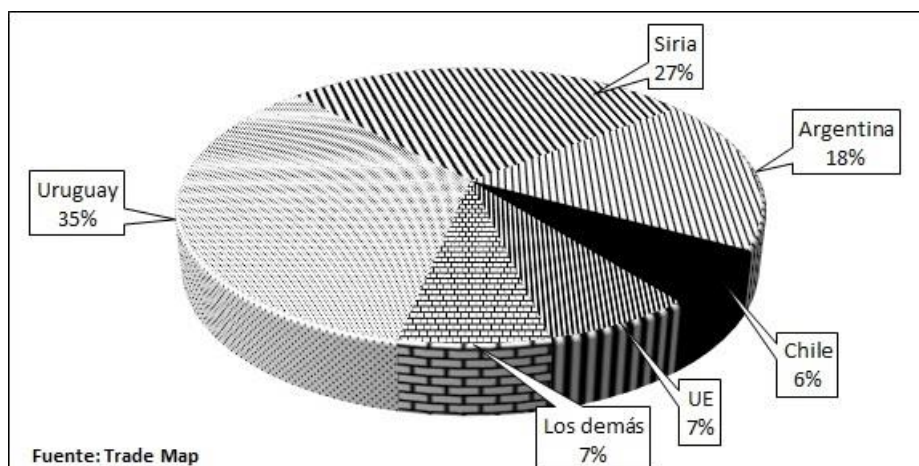


Figura 1. Principales países importadores por peso de yerba mate 2018-2022

Argentina: Las exportaciones de yerba argentina en el periodo 2018-2022 alcanzaron 191.000 toneladas. Los principales mercados han sido Siria (77%), Chile (11%), la Unión Europea (4%), y EEUU (2%), que conjuntamente sumaron el 95% (Figura 2).

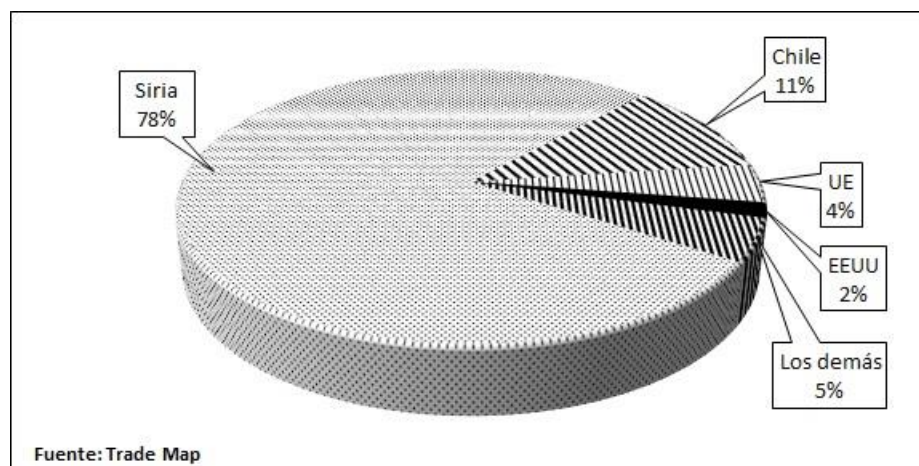


Figura 2. Argentina: mercado de exportación por peso de yerba mate 2018-2022

Brasil: En el mismo periodo Brasil exportó 225.000 toneladas. A diferencia de Argentina, las exportaciones de yerba brasilera están más concentradas en el mercado regional. Es así como Uruguay fue destino del 69% de las exportaciones de Brasil, Argentina del 21% y Chile del 3%. Completan la lista la UE con 4% y EEUU con 2% (Figura 3).

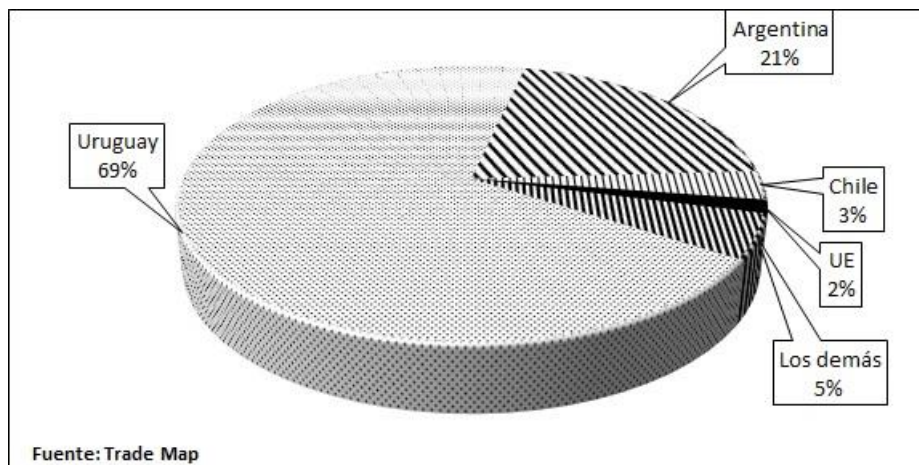


Figura 3. Brasil: mercado de exportación por peso de yerba mate 2018-2022

Paraguay: A igual que Brasil, Paraguay concentra la mayor parte de sus exportaciones de yerba a países de la región. En los últimos cinco años ha exportado 45.500 toneladas. Argentina recibió el 80% de este total, Bolivia 4% y Chile 2%. Entre los mercados extra regionales sobresalen la UE con 7%, de los cuales 4 puntos porcentuales corresponden a España (Figura 4).

Aranceles

Las exigencias arancelarias se presentan a continuación ordenadas por países y los detalles para cada uno de los tres productores (Figura 5).

Siria: Argentina es el proveedor del mercado de Siria. Para su ingreso abona un arancel igual al 10% ad Valorem.

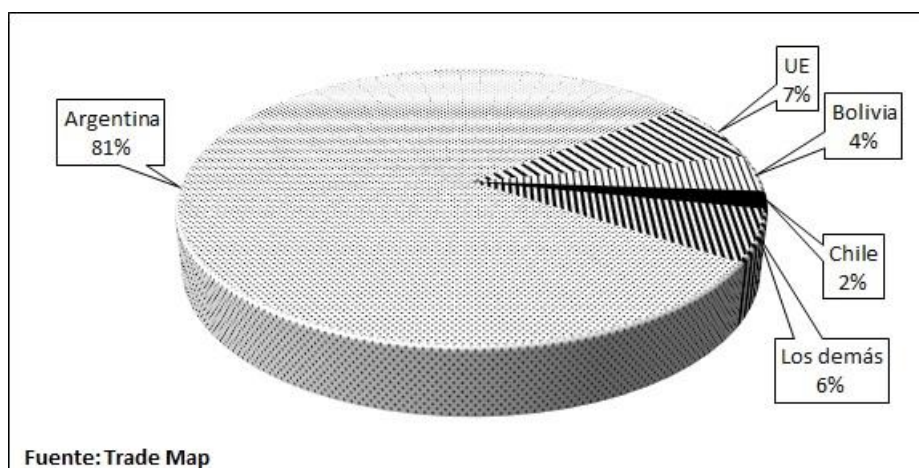


Figura 4. Paraguay: mercado de exportación por peso de yerba mate 2018-2022

Chile: importa la mayor parte de la yerba que consume de Argentina (71%), Brasil (27%) y Paraguay (2%). Chile aplica un arancel de 6%. Los países del MERCOSUR y Chile tienen firmado un Acuerdo de Complementación Económica por el cual Argentina; Brasil; Chile; Paraguay; Uruguay; Venezuela que les confiere un arancel preferencial de 0% (cero por ciento). Las siglas de este acuerdo es AAP.CE 35: MERCOSUR-Chile y está en vigencia es desde el 1 de octubre 1996 (Sistema de información sobre comercio exterior, 2023)

Bolivia: importa la mayor parte de la yerba que consume de Paraguay. Aplica un arancel MFN del 20%. Acuerdos comerciales exoneran a los países del pago de aranceles.

Unión Europea: no aplica aranceles a las importaciones de yerba.

Estados Unidos: importa la mayor parte de su yerba desde Argentina. Tiene para la yerba mate un arancel de 0%

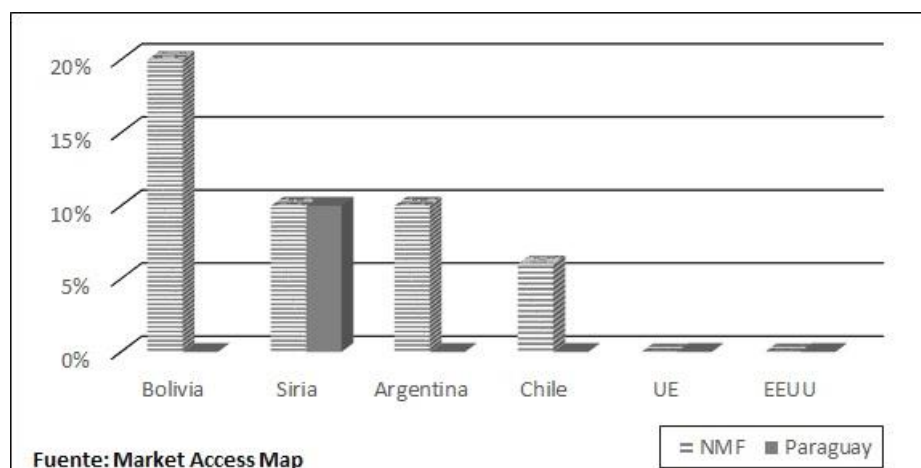


Figura 5. Yerba mate: Aranceles de los principales importadores y los aplicados al Paraguay

Conclusiones

Se concluye que el Paraguay y los otros países productores enfrentan arancel cero en la mayoría de sus mercados, sea este el regional (MERCOSUR), así como en dos de las mayores economías del mundo (UE y EEUU). Es la excepción, el mercado sirio.

Referencias

- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL (ITC). (2023). *Market Access Map*. Recuperado el 11 de junio de 2023, de <https://www.macmap.org/>
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL (ITC). (2023). *Trade Map*. Recuperado el 6 de junio de 2023, de <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- MENDEZ ALVAREZ, C. E. (2001). *Metodología : guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas*. (MacGraw-Hill, Ed.) Santafé de Bogotá: SERBIULA. Obtenido de <https://bit.ly/42gu1zJ>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE COMERCIO (OMC). (2023). *Entender la OMC: Los Acuerdos*. Recuperado el 21 de junio de 2023, de https://www.wto.org/spanish/thewto_s/whatis_s/tif_s/agrm2_s.htm
- SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE COMERCIO EXTERIOR. (2023). *Acuerdos Comerciales*. Recuperado el 22 de junio de 2023, de http://www.sice.oas.org/agreements_s.asp
- SURANOVIC, S. (2013). *International Trade: Theory and Policy*. Bostón: FlatWorld.

Evolución de las variables agronómicas y comerciales de la yerba mate: 2010-2020

Enciso, Víctor; Benítez Moran, Wilma² Yegros, María Cristina; Salas-Mayeregger, Julio; Ramírez Álvarez, Plinio Esteban

Docentes investigadores. Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, venciso@agr.una.py; wielbem@gmail.com; cristina.yegros@agr.una.py; jsalas@agr.una.py; esteban.ramirez@agr.una.py

Resumen: La yerba mate está estrechamente asociada a la vida económica del Paraguay. En la primera mitad del siglo XX siguió siendo un rubro de importancia en las exportaciones del país, aunque en declive, para en la segunda mitad ser desplazado por otros rubros tales como la madera, la carne, algodón y la soja. Existen diversos documentos con análisis de datos estadístico de la yerba mate desde la perspectiva de cada uno de los tres países productores (Argentina, Brasil y Paraguay), en tanto un documento que aglutine las estadísticas de los tres y las globales son escasas. Basado en esto, la presente publicación tuvo por objetivo describir la evolución de variables agronómicas y comerciales de la yerba mate en el periodo 2010-2020 para las primeras y 2018-2022 para las segundas a nivel global y regional. El presente trabajo es de tipo exploratorio, con enfoque cuantitativo, en la que el foco de la investigación está en especificar las características (agronómicas y comerciales) del objeto de estudio (yerba mate). El periodo de estudio para las variables agronómicas fue 2010-2020 y la fuente de información fue secundaria, FAOStat. Los aspectos comerciales cubrieron el periodo 2010-2022 y la fuente de datos fue trade map. Las variables utilizadas fueron de dos tipos: agronómicas y comerciales. La variable agronómica incluyó los siguientes indicadores: superficie cosechada (hectáreas), producción (toneladas), rendimiento (toneladas/hectárea). La variable comercial incluyó los siguientes indicadores: exportación/importación (toneladas, dólares, dólares/tonelada). Los datos fueron analizados utilizando coeficientes de participación relativa, tasas de variación simple y acumulativa. Igualmente, en ciertos casos se recurrió al uso de promedios. Se concluyó que la producción de yerba se ha incrementado en el periodo de estudio, siendo el rendimiento la causa principal. La yerba mate es producida en Argentina, Brasil y Paraguay. Estos son a la vez los principales exportadores, siendo el mercado regional el principal destino. Argentina es un exportador mayormente de extrazona en tanto que Brasil y Paraguay se hallan más focalizados al mercado regional o del cono sur de Sudamérica.

Palabras clave: Yerba mate. Variables agronómicas. Variables comerciales.

Introducción

La yerba mate está estrechamente asociada a la vida económica del Paraguay. Al respecto Campos Doria (2010) señala que, si bien al principio de era colonial tuvo escasa incidencia, la situación se revirtió rápidamente, llegando a ser "...moneda usual y corriente en todas las transacciones comerciales, incluso con el mercado regional". Tal fue el comercio de la yerba en épocas coloniales que existen registros que señalan que en el siglo XVIII se exportaba a Chile, Alto Perú y Quito (Whigham, 1991). La comercialización de la yerba alcanzó su pico en 1816, cuando representó el 74% de las exportaciones totales (Whigham, 1991). Luego de la Guerra del 70, el Estado paraguayo vendió las tierras de su propiedad que incluía los yerbales, pasando su comercialización a manos privadas. En la primera mitad del siglo XX siguió siendo un rubro de importancia en las exportaciones del país, aunque en declive, para en la segunda mitad ser desplazado por otros rubros tales como la madera, la carne, algodón y la soja.

En el presente existen diversos documentos con análisis de datos estadístico de la yerba mate desde la perspectiva de cada uno de los tres países productores (Argentina, Brasil y Paraguay), en tanto un documento que aglutine las estadísticas de los tres y las globales son escasas. Basado en esto, y como punto de partida de estudios más profundos, la presente publicación tiene por objetivo describir la evolución de variables agronómicas y comerciales de la yerba mate en el periodo 2010-2020 para las primeras y 2018-2022 para las segundas a nivel global y regional.

Materiales y Métodos

El presente trabajo es de tipo exploratorio, con enfoque cuantitativo, en la que el foco de la investigación está en especificar las características (agronómicas y comerciales) del objeto de estudio (yerba mate). La investigación exploratoria es la primera aproximación al objeto o fenómeno estudiado y sirve para formular preguntas de investigación que guíen hacia hipótesis de futuros trabajos de investigación (Mendez Alvarez, 2001). El periodo de estudio fue 2010-2020 y la fuente de información fue secundaria, FAOStat (FAO, 2020), para las agronómicas. Los aspectos comerciales cubrieron el periodo 2010-2022 y la fuente de datos fue trade map (International Trade Centre (ITC), 2022) para las de comercio. Las variables utilizadas fueron de dos tipos: agronómicas y comerciales. La variable agronómica incluyó los siguientes indicadores: superficie cosechada (hectáreas), producción (toneladas), rendimiento (toneladas/hectárea). La variable comercial incluyó los siguientes indicadores: exportación/importación (toneladas, dólares, dólares/tonelada). Los datos fueron analizados utilizando mediante coeficientes de participación relativa, tasas de variación simple y acumulativa. Igualmente, en ciertos casos se recurrió al uso de promedios.

Resultados y Discusión

Aspectos agronómicos

Evolución global

Superficie cosechada: En el 2020 la superficie cosechada de yerba mate fue 272.792 hectáreas, 6% menor a la del 2010. El área cosechada de yerba mate, entre estos años, ha mostrado un comportamiento irregular con años de reducciones seguido de recuperaciones. Esta situación se mantuvo hasta el 2018, año en que la superficie llegó a su mínimo, para luego dar lugar a años continuos de aumentos (Figura 1).

Producción: Al contrario de la superficie, la producción se ha incrementado sustancialmente. Los datos de FAO (FAO, 2020) registran un crecimiento lineal entre el 2010 y 2015, desde 766.500 t a 990.100 t. En el siguiente año la producción da un salto para superar las 1.500.000 t, luego se redujo levemente, pero manteniéndose por encima de las 1.400.00 t (FAO, 2020) (Figura 1).

Rendimiento: Detrás del aumento de la producción se encuentra el rendimiento. Es decir, la mayor producción se debe al incremento de la productividad (sinónimo de eficiencia) antes que mayor superficie. En el 2010 el rendimiento fue 2,64 t/ha, llegando a 3,21 t/h en el 2015, para luego dar un salto a 5,92 t/ha en el 2016. En los siguientes años el rendimiento si bien se redujo, se mantuvo por encima de las cinco toneladas por hectárea. Comparativamente, el rendimiento aumentó 105% entre el 2010 y 2020, desde 2,64 t/ha a 5,40 t/ha (Figura 1).

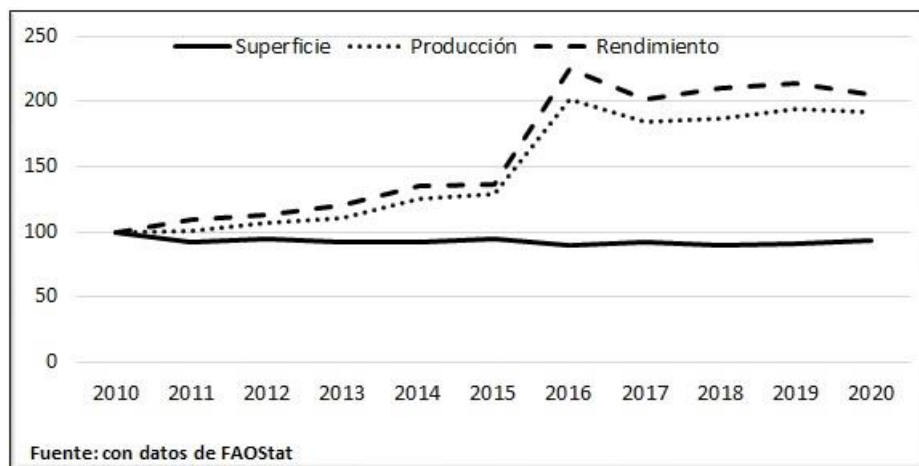


Figura 1. Índice de variables agronómicas. 2010=100

Evolución por países

Consumidores: El Mercosur y dentro de él, Argentina, Brasil y Paraguay son los principales productores, exportadores y consumidores de yerba. La yerba mate es mayormente destinada al mercado interno de estos países, como se indica en la Figura 2. En el mismo periodo antes señalado, más del 90% de la producción global fue consumido por estos tres países: Argentina (95%), Brasil (93%) y Paraguay (95%). Fuera de estos sobresalen Uruguay y Siria con el 2% cada una. El primero se provee de Brasil y el segundo de Argentina (FAO, 2020).

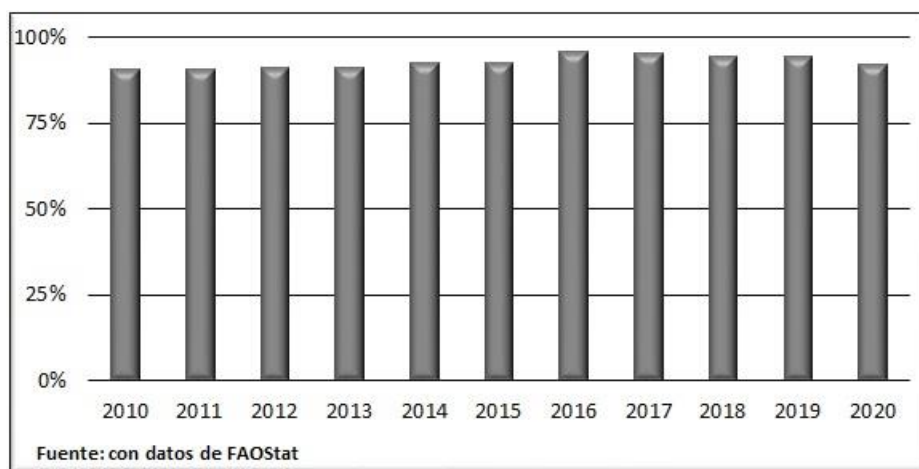


Figura 2. Relación global consumo interno/producción

Superficie cosechada: En el 2020, 65% de la superficie cosechada se encontraba en Argentina, 25% en Brasil y 10% en Paraguay. La tendencia en el periodo considerado fue de reducción en Argentina y aumentos en Brasil y Paraguay. Resalta el incremento en Paraguay que paso de 18.299 ha a 26.215 ha, igual a 43% de aumento frente a 1% de Brasil y -13% de Argentina. Más ilustrativo sin embargo es comparar la superficie promedio de los tres primeros años de la serie vs los tres últimos. Así se ve disminución global del 4,56% y a nivel país: Argentina (-7,17%), Brasil (-7,17%) y Paraguay (31,21%) (FAO, 2020).

Producción: El comportamiento de la producción en el periodo 2010-2020 ha sido de aumento en los tres países, aunque a ritmos diferentes. Es así como Argentina registra un crecimiento anual acumulativo de 12%, Brasil de 2% y Paraguay de 4%. Esto ha hecho que Argentina haya

representado el 55% de la producción global en el 2020, frente a 33% de 2010. Por su lado Brasil ha pasado del 56% (2010) a 47% (2020), y Paraguay de 11% a 9% entre los mismos años (Ver Figura 3). En valores numéricos, la producción mundial creció 707.200 t entre el 2010 y 2020, al cual Argentina aportó 562.700 t, Brasil 97.200 t y Paraguay 47.200 t (FAO, 2020).

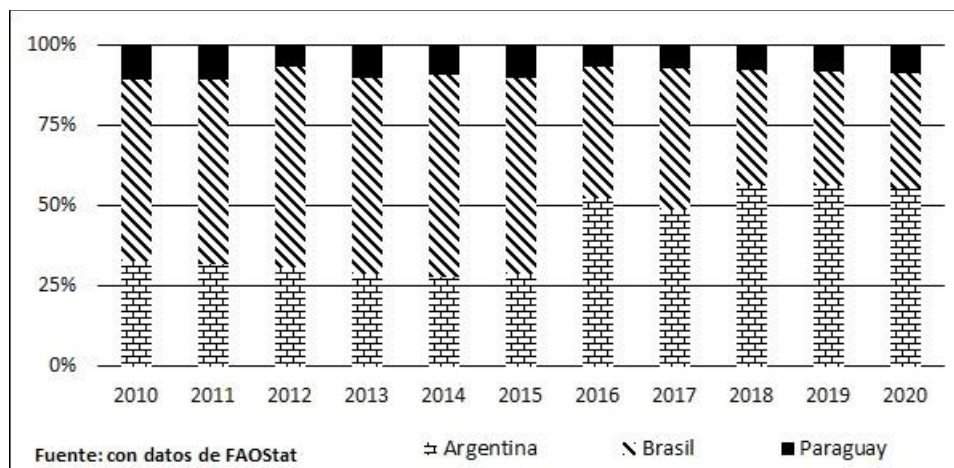


Figura 3. Peso relativo de cada país en la producción global de yerba mate

Rendimiento: El rendimiento de la yerba mate en los tres países ha aumentado en los años considerados, explicando de este modo el incremento de la producción comentado más arriba. Argentina tenía un rendimiento de 1,23 t/ha en el 2010, que creció hasta 1,5 t/ha en el 2015. Desde el 2016, su rendimiento se incrementó manteniéndose por encima de las 4,0 t/ha. Específicamente por país se tiene que la mayor producción argentina es explicada por el importante salto en el rendimiento. En el 2010, registraba una productividad de 1,23 t/ha que llegó a 4,58 t/ha en el 2020. Hay que indicar que a mediados del periodo registró productividades superiores a las 8,0 t/ha. Por su lado Brasil, que registra el mayor rendimiento por superficie entre los tres países, aumento su productividad media en 21% (de 6,32 a 7,64 t/ha entre el 2010 y el 2020). En Paraguay, el rendimiento prácticamente no ha variado, registrando un aumento de 8%, entre los años extremos del periodo, cuando pasó de 4,67 t/ha a 5,06 t/ha. Al igual que los otros países presenta un salto en el rendimiento a mediados del periodo, cuando superó las 5,0 t/ha.

Aspectos comerciales

Exportación: El comercio de la yerba presenta dos periodos diferenciados entre el 2010 y el 2022. A una primera etapa de valores constantes le sucedió un periodo de tendencia alcista. Entre los años citados el crecimiento de los envíos externos de yerba fue de 27%, llegando en un año al 54% (ITC, 2022).

En la primera etapa, (2010-2017), las exportaciones de yerba se han mantenido constante alrededor de las 75.000 toneladas. En el 2018 se rompe esta situación cuando la cantidad exportada llega y se mantiene por dos años cercana a las 80.000 toneladas para dar un salto y llegar a 118.700 toneladas en el 2020. Al año siguiente volvió a reducirse y los datos del 2022 muestran un aumento respecto al año previo hasta 99.100 toneladas exportadas.

En términos de valor, las exportaciones de yerba totalizaron 211,7 millones de dólares en el 2022, frente a 102,3 millones del 2010. Tuvo su máximo valor en el 2015, cuando se exportó por valor de 236,9 millones de dólares, con un valor medio de exportación de 2.791 USD/t. Desde entonces ha tenido un comportamiento irregular oscilando entre 180 y 200 millones de

dólares por año (ITC, 2022). El último dato (2022) indica exportaciones de 99.100 toneladas por valor total de 211,7 millones de dólares y valor medio de 2.135 USD/t.

El Mercosur y dentro de él, Argentina, Brasil y Paraguay son los principales exportadores de yerba. Tomando la media de los últimos cinco años (2018-2022), Argentina tuvo una cuota de mercado del 43%, Brasil del 46% y Paraguay del 6%, totalizando el 95%. En el restante 5% sobresalen Uruguay y Chile. A continuación, se presentan los mercados de exportación de cada uno de los principales exportadores, en los cinco últimos años (ITC, 2022).

- Argentina: Las exportaciones de yerba argentina en el periodo 2018-2022 alcanzaron 191.000 toneladas. Los principales mercados han sido Siria (77%), Chile (11%), la Unión Europea (4%), y EEUU (2%), que conjuntamente sumaron el 95%.
- Brasil: En el mismo periodo Brasil exportó 225.000 toneladas. A diferencia de Argentina, las exportaciones de yerba brasilera están más concentradas en el mercado regional. Es así que Uruguay fue destino del 69% de las exportaciones de Brasil, Argentina del 21% y Chile del 3%. Completan la lista la UE con 4% y EEUU con 2%.
- Paraguay: A igual que Brasil, Paraguay concentra la mayor parte de sus exportaciones de yerba a países de la región. En los últimos cinco años ha exportado 45.500 toneladas. Argentina recibió el 80% de este total, Bolivia 4% y Chile 2%. Entre los mercados extra regionales sobresalen la UE con 7%, de los cuales 4 puntos porcentuales corresponden a España.

Importación: En la siguiente tabla se presenta a los principales importadores en los últimos cinco años, con su participación relativa en las importaciones globales y sus principales proveedores, estos igualmente con su cuota de mercado en el país en cuestión. Respecto a la Unión Europea, esta participó con el 5% de las importaciones mundiales. Los principales países comunitarios importadores y su participación en puntos porcentuales se detallan entre paréntesis. Estos cuatro países han representado el 93% de las importaciones de la UE en el periodo de estudio. Cierran el grupo de principales países importadores con 1% de participación cada uno: El Líbano, Turquía, Canadá, y Bolivia.

Tabla 2. Principales importadores y sus proveedores. Promedio 2018-2022

País importador	Países proveedores
Uruguay (32%)	Brasil (99%)
Siria (31%)	Argentina (99%)
Argentina (17%)	Brasil (56%) y Paraguay (44%)
Chile (6%)	Argentina (71%), Brasil (27%) y Paraguay (2%)
Alemania (31%)*	Brasil (53%), Argentina (30%) y Paraguay (13%)
España (27%)*	Argentina (40%), Francia (21%), Brasil (15%), Países Bajos (13%), Paraguay (10%)
Francia (14%)*	Argentina (59%) y Brasil (33%)
Países Bajos (11%)*	Siria (37%), Paraguay (22%), Brasil (16%), Uruguay (10%) y Argentina (7%)
Estados Unidos (2%)	Argentina (49%), Brasil (35%), Ecuador (7%), Uruguay (6%) y Paraguay (3%)

Fuente: con datos de Trade Map

*Participación relativa en el 5% importado por la UE

Conclusiones

Con relación al objetivo, este trabajo ha presentado datos de las variables agronómicas y de comercio de la yerba mate, y paralelamente de descripto la evolución de estas para el periodo 2010-2020 (variables agronómicas) y 2010-2022 (variables comerciales). La producción de yerba se ha incrementado en el periodo de estudio, siendo el incremento del rendimiento la causa principal. La yerba mate es producida en Argentina, Brasil y Paraguay). Estos son a la vez los principales exportadores, siendo el mercado regional el principal destino. Argentina es

un exportador mayormente de extrazona en tanto que Brasil y Paraguay se hallan más focalizados al mercado regional o del cono sur de Sudamérica.

Referencias Bibliográficas

- CAMPOS DORIA, L. A. (2010). Apuntes de historia económica del Paraguay. Asunción: Intercontinental.
- FAO. (2020). FAOStat. Retrieved mayo 11, 2023, from <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- INTERNATIONAL TRADE CENTRE (ITC). (2022). Trade map. Retrieved mayo 9, 2023, from <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- MENDEZ ALVAREZ, C. E. (2001). Metodología : guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas. (MacGraw-Hill, Ed.) Santafé de Bogotá: SERBIULA. Retrieved from <https://bit.ly/42gu1zJ>
- WHIGHAM, T. (1991). La yerba mate del Paraguay (1770-1870). Asunción: Centro Paraguayo de Estudios Sociologicos.

4. Química y Calidad del Producto

Contenido de zinc en yerba mate elaborada e infusiones

Martín, Cecilia Magalí^{1,*}; Scipioni, Griselda Patricia¹; Schmalko, Miguel Eduardo¹

¹Profesor. IMAM, UNaM, CONICET, FCEQyN, Laboratorio de yerba mate.
Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, *cecilia.m.martin4@gmail.com

Resumen: El zinc (Zn) es un nutriente esencial para la vida y se estima que un tercio de la población mundial presenta riesgo de deficiencia. En los vegetales el contenido es bajo y la biodisponibilidad es menor que en las fuentes de origen animal. Algunas investigaciones en yerba mate elaborada han reportado niveles promedio de Zn entre 30 y 90 mg/kg, con porcentajes de extracción del 42 % y 48 % en infusiones de mate y mate cocido. El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de Zn en muestras comerciales de yerba mate elaborada de origen argentino y en sus infusiones calientes. Las muestras analizadas incluyeron las diez marcas de yerba mate elaborada de mayor comercialización en el país y dos marcas de yerba mate orgánica. De las doce marcas, tres se eligieron aleatoriamente para realizar las determinaciones con repetición. Del total de muestras, seis se seleccionaron para obtener las infusiones de mate y de estas seis muestras, tres se utilizaron para preparar saquitos conteniendo 3 g de yerba mate. A partir de estos saquitos se obtuvieron las infusiones de mate cocido. Las determinaciones del contenido de Zn en todas las muestras se realizaron en laboratorio externo por ICP-MS, previa digestión ácida. Los resultados obtenidos indicaron contenidos de Zn entre 52 y 98 mg/kg en yerba mate elaborada, entre 2,15 y 3,04 mg/kg en las infusiones simulando el procedimiento de tomar mate y entre 0,32 y 0,39 mg/kg en las infusiones de mate cocido. Los porcentajes de extracción de Zn se encontraron en el rango de 31 a 45 % al simular el procedimiento de tomar mate y de 28 a 41 % para las infusiones de mate cocido. Se concluye que los contenidos de Zn en muestras comerciales y las cantidades extraídas se encuentran en el rango informado por otros autores. El mayor aporte a la IDR se lograría con el consumo del mate en un 31,75 % para mujeres y 23,09 % para hombres en promedio. Este es el primer trabajo donde se siguen los procedimientos de una norma estandarizada para obtener una infusión de yerba mate simulando una mateada real como forma tradicional de consumo (norma IRAM 20509).

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Zinc. Infusiones. Extracción.

Introducción

El zinc (Zn), es un elemento químico situado en el grupo 12 de la tabla periódica (Hortúa, 2013). Es un catión divalente con múltiples funciones y es uno de los minerales ubicados dentro del grupo de los microelementos (López de Romaña *et al.*, 2010a; Scipioni y Argüello, 2015). Además, es uno de los microelementos esenciales más abundantes en el cuerpo humano, encontrándose en adultos en cantidades entre 1 y 2,5 g (Torres Acosta y Bahr Valcarcel, 2004; Rubio *et al.*, 2007). Aproximadamente el 83 % está presente en músculos y huesos y el 95 % se encuentra a nivel intracelular (López de Romaña *et al.*, 2010a).

Es un nutriente esencial para la vida y la salud del ser humano porque desempeña un papel biológico muy importante (Hortúa, 2013). Forma parte de más de 300 enzimas en el cuerpo humano, pudiendo tener funciones catalíticas, estructurales y reguladoras (Torres Acosta y Bahr Valcarcel, 2004; López de Romaña *et al.*, 2010a). Además, este elemento estimula al sistema inmune, resultando primordial para personas con VIH o cáncer (Scipioni y Argüello, 2015). Este mineral se distribuye ampliamente en tejidos vegetales y animales y se lo puede encontrar en todas las células vivas (Soetan *et al.*, 2010; Scipioni y Argüello, 2015), hallándose con mayor

abundancia en determinados tejidos animales (Torres Acosta y Bahr Valcarcel, 2004). De esta manera, el Zn está presente en todos los órganos, tejidos, fluidos y secreciones del cuerpo humano (López de Romaña *et al.*, 2010a).

El Zn se encuentra en diversos alimentos en concentraciones muy variables (Rubio *et al.*, 2007). Las fuentes incluyen carnes rojas, pescado, hígado, huevos, productos lácteos, verduras y algunos alimentos del mar (Soetan *et al.*, 2010). Las mayores concentraciones de Zn se dan en alimentos de origen animal. Particularmente las carnes, los mariscos y el pescado son fuentes ricas en Zn y su biodisponibilidad es alta (López de Romaña *et al.*, 2010a). Las ostras son reportadas como las mejores fuentes (Torres Acosta y Bahr Valcarcel, 2004).

Los vegetales, con excepción de las leguminosas, no son alimentos que presenten contenidos altos de Zn (Rubio *et al.*, 2007; López de Romaña *et al.*, 2010a). Además, el Zn presente en los vegetales suele estar menos biodisponible que el aportado por las fuentes de origen animal a causa de la presencia de potentes inhibidores de la absorción del Zn de la dieta (Torres Acosta y Bahr Valcarcel, 2004; Rubio *et al.*, 2007; López de Romaña *et al.*, 2010a; Soetan *et al.*, 2010). Por ejemplo, los fitatos y oxalatos son ligandos de amplia distribución en las plantas, como la yerba mate (Scipioni y Argüello, 2015). Estos compuestos se unen al Zn y a otros minerales generando complejos altamente insolubles que no pueden ser absorbidos a nivel intestinal (López de Romaña *et al.*, 2010a; Hortúa, 2013). Además, la yerba mate contiene valores altos de polifenoles, que son los principales compuestos bioactivos presentes en las hojas de *Ilex paraguariensis* y son importantes inhibidores de la absorción de hierro y Zn (Binaghi *et al.*, 2011; Brumovsky *et al.*, 2015).

Se estima que aproximadamente un tercio de la población mundial tiene un alto riesgo de deficiencia de Zn (López de Romaña *et al.*, 2010b). La ingesta recomendada para un adulto se sitúa entre 8 mg/día para mujeres y 11 mg/día para hombres (Rubio *et al.*, 2007).

La deficiencia de Zn puede ser el resultado de una ingesta dietética inadecuada, malabsorción, incremento de las pérdidas o impedimentos en su utilización (López de Romaña *et al.*, 2010b). Tiene consecuencias importantes en la salud y la funcionalidad de los individuos, pudiendo afectar el crecimiento y el desarrollo, las funciones inmunes y cognitivas (Torres Acosta y Bahr Valcarcel, 2004; Velázquez Pérez *et al.*, 2014). Por ejemplo, la deficiencia de este mineral puede provocar pérdida de apetito, cambios en la piel y aumentar el riesgo de infección de un individuo (López de Romaña *et al.*, 2010b; Scipioni y Argüello, 2015).

En bibliografía se reporta el contenido de Zn en diferentes grupos de alimentos. En hígado y riñón los niveles se encuentran entre 4,2 y 6,1 mg/100 g, en pescados y mariscos entre 0,5 y 5,2 mg/100 g, en semillas y nueces entre 2,9 y 7,8 mg/100 g y en vegetales entre 0,1 y 0,8 mg/100 g (López de Romaña *et al.*, 2010a).

En yerba mate elaborada, los niveles de Zn se hallan entre 3 y 9 mg/100 g y los porcentajes de extracción en el mate caliente y en infusiones oscilan entre 42 y 48 % (Scipioni y Argüello, 2015).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de Zn en muestras comerciales de yerba mate elaborada de origen argentino y en sus infusiones acuosas.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron las 10 marcas de yerba mate elaborada de origen argentino de mayor comercialización en el país y también 2 marcas certificadas de yerba mate orgánica (al azar). De las 12 marcas consideradas, se eligieron aleatoriamente 3 de ellas para realizar la determinación del contenido de Zn con repetición, totalizando 15 muestras. De cada marca se adquirieron 5 kg de diferentes lotes en comercios de la provincia de Misiones, en presentaciones de ½ kg y/o de 1 kg.

Para cada muestra de yerba mate elaborada se separaron por cuarteo 500 g que luego fueron acondicionados en doble bolsa plástica de cierre hermético. Estas muestras fueron enviadas a un laboratorio de análisis químicos para realizar las determinaciones del contenido de Zn en yerba mate comercial.

Para obtener las infusiones de mateada (simulación del consumo del mate) se seleccionaron 6 de las 15 muestras de yerba mate elaborada. Estas infusiones se prepararon siguiendo la Norma IRAM 20509 (IRAM, 2019).

El sistema consistió en un vaso de vidrio donde se colocó cada muestra de yerba mate y una bombilla de plástico de grado alimenticio. Esta bombilla estaba conectada mediante una manguera de silicona a un matraz kitasato, ensamblado a una trampa de vacío por su salida lateral. Se utilizaron 50 g de muestra seca, se vertieron aproximadamente 100 ml agua destilada a 70 °C hasta mojar todo el sólido y se dejó reposar durante 20 s. Luego se produjo vacío durante 20 s, recolectando el extracto en el kitasato. Se vertieron entre 20 y 30 ml de agua sobre el sólido, se dejó reposar durante 20 s y se volvió a aplicar vacío sobre el sistema. Este procedimiento se repitió hasta obtener 500 ml de extracto en el kitasato, que posteriormente fue filtrado utilizando papel de filtro. Se colocaron 250 ml de cada muestra en frascos plásticos de color ámbar con tapa a rosca. Estas muestras fueron enviadas a un laboratorio de análisis químicos para realizar las determinaciones del contenido de Zn en las infusiones de mateada.

Para preparar los saquitos y las infusiones de mate cocido, se seleccionaron 3 de las 6 muestras de yerba mate elaborada utilizadas para realizar las infusiones de mateada. Para el armado de los saquitos se utilizó papel de filtro de grado alimenticio. Una vez cargados 3 g de muestra en cada saquito, los mismos fueron cerrados mediante un sellador térmico. Para preparar las infusiones de mate cocido se colocó cada saquito de yerba mate en contacto con 200 ml de agua destilada a temperatura de ebullición durante 5 min, como especifica la norma IRAM 20540-2 (IRAM, 2008). Después de prensar, retirar y descartar los saquitos, las muestras obtenidas se colocaron en frascos plásticos de color ámbar con tapa a rosca y fueron enviadas a un laboratorio de análisis químicos para determinar el contenido de Zn en las infusiones de mate cocido.

Las determinaciones del contenido de Zn se realizaron mediante Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS, por su denominación en inglés *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*), previa digestión ácida en digestor de microondas, en el Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI AC), ubicado en la localidad Villa Regina, provincia de Río Negro.

Los estándares de calibración fueron preparados a partir de una solución multielemental, realizándose una serie de diluciones con solución de HNO₃ al 1 %. La curva de calibración siguió un comportamiento lineal para Zn ($R^2 > 0,995$) a concentraciones de 0 - 5 - 10 - 50 - 100 - 500 µg/kg. Como estándar interno de calibración se utilizó germanio (Ge).

Para todas las muestras, los límites de detección (LD) informados fueron de 0,1 mg/kg y los límites de cuantificación (LC) informados fueron de 0,3 mg/kg.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presenta el contenido de Zn en las 15 muestras de yerba mate elaborada y en la Figura 2 se presenta el contenido de Zn en las 6 muestras de infusiones de mateada y en las 3 muestras de infusiones de mate cocido.

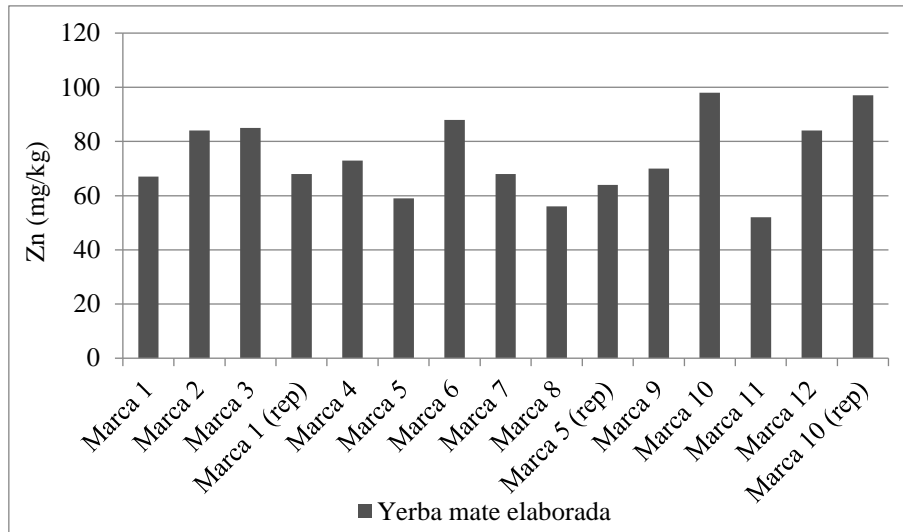


Figura 1. Contenido de Zn en yerba mate elaborada

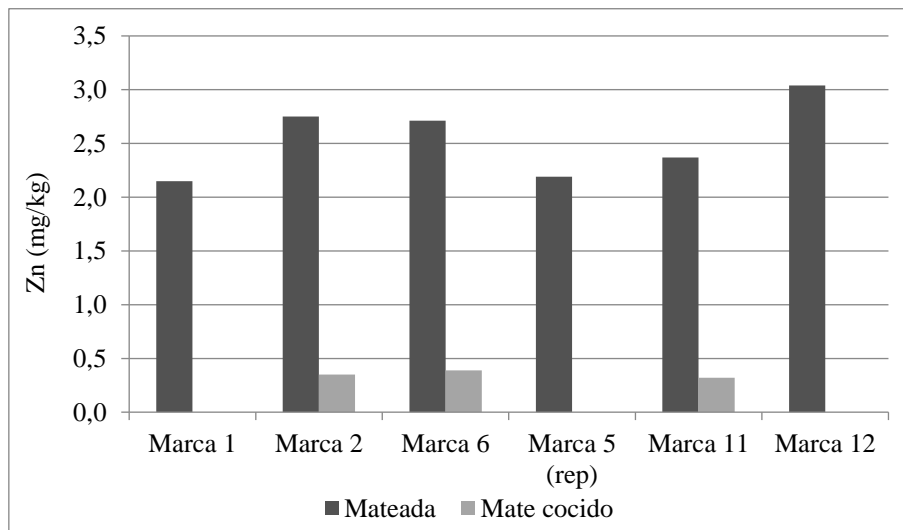


Figura 2. Contenido de Zn en infusiones de yerba mate

Los resultados indican que en todas las muestras se pudo cuantificar el contenido de Zn, en yerba mate elaborada entre 52 mg/kg (marca 11) y 98 mg/kg (marca 10), en infusiones de mateada entre 2,15 mg/kg² (marca 1) y 3,04 mg/kg (marca 12) y en infusiones de mate cocido entre 0,32 mg/kg (marca 11) y 0,39 mg/kg (marca 6).

Los porcentajes de extracción de Zn en las infusiones de mate se encontraron entre 31 % (marca 6) y 45 % (marca 11), mientras que los porcentajes de extracción de Zn en las infusiones de mate cocido se encontraron entre 28 % (marca 2) y 41 % (marca 11). De esta manera, aunque la marca 11 de yerba mate elaborada presentó menor contenido de Zn en su composición, fue con la que se obtuvieron los mayores porcentajes de extracción de este elemento en ambas infusiones.

En cuanto a los análisis realizados con repetición, los contenidos de Zn en las muestras de la marca 1 fueron de 67 y 68 mg/kg, en las muestras de la marca 5 fueron de 59 y 64 mg/kg y en las muestras de la marca 10 fueron de 98 y 97 mg/kg. La mayor diferencia se puede observar

² Los resultados en infusiones de mateada y de mate cocido están expresados en mg/kg de solución.

en las muestras de la marca 5, que corresponde a una marca de yerba mate elaborada compuesta. En este tipo de producto se tiene un factor adicional de dispersión que es el agregado de hierbas.

Infusiones de yerba mate y su aporte a la ingesta de Zn

La ingesta diaria recomendada (IDR) de Zn es de 8 mg/día para mujeres y 11 mg/día para hombres (Rubio *et al.*, 2007). A partir de estos datos, se calculó el aporte a la IDR por el consumo de mate y mate cocido.

La concentración media de Zn obtenida para infusiones de mate fue de 2,54 mg/kg. Considerando el consumo de 1 litro de mate por día, se incorporarían 2,54 mg de Zn, logrando en promedio un aporte a la IDR de 31,75 % para mujeres y de 23,09 % para hombres. La concentración media de Zn obtenida para infusiones de mate cocido fue de 0,35 mg/kg. Considerando el consumo de 2 tazas de mate cocido por día, de 200 ml cada una, se incorporarían 0,14 mg de Zn, logrando en promedio un aporte a la IDR de 1,75 % para mujeres y de 1,27 % para hombres. El mayor aporte a la IDR se alcanzaría con el consumo de mate.

El Zn puede combinarse con fitatos y polifenoles disminuyendo su biodisponibilidad. También las altas ingestas de hierro (Fe) o cobre (Cu) pueden provocar su mala absorción (Scipioni y Argüello, 2015; Chasapis *et al.*, 2020). Se han reportado más de 50 compuestos polifenólicos en extractos de yerba mate, principalmente ácidos clorogénicos y algunos flavonoides (Brumovsky *et al.*, 2015). Las concentraciones de Fe en yerba mate elaborada varían entre 4 y 28 mg/100 g y los porcentajes de extracción en infusiones son menores a las de otros minerales. Las concentraciones de Cu en yerba mate elaborada varían entre 0,5 y 1,4 mg/100 g y los porcentajes de extracción en infusiones son del 90 % en promedio (Scipioni y Argüello, 2015). De esta manera, podría esperarse que los niveles de absorción de Zn sean considerablemente inferiores a los de su ingesta, siendo necesario un estudio adicional para evaluar la biodisponibilidad de este mineral en las infusiones de yerba mate.

Conclusiones

El contenido de Zn en yerba mate elaborada presenta una gran variabilidad. Las concentraciones de Zn en infusiones de yerba mate preparadas como mate son mayores que las concentraciones de Zn en infusiones preparadas como mate cocido.

En general, comparando los valores obtenidos en el presente trabajo con los encontrados en la bibliografía, los niveles de Zn en infusiones de yerba mate se encuentran dentro de un rango similar. Sin embargo, los porcentajes de extracción de este elemento varían considerablemente. Esto ocurre por la gran diversidad en los métodos utilizados y en las condiciones de extracción con agua caliente.

Numerosos factores pueden afectar la solubilidad del Zn, como la relación sólida/líquido, el tiempo de contacto entre la yerba mate, el agua, la calidad y temperatura del agua. El presente trabajo de Tesis es el primero en donde se utiliza un procedimiento estandarizado (Norma IRAM 20509) para obtener la infusión de yerba mate simulando su tradicional forma de consumo, el mate.

La yerba mate argentina es una buena fuente de Zn como nutriente, con importantes porcentajes de extracción en las formas tradicionales de consumo. Sin embargo, son necesarios estudios complementarios para evaluar la biodisponibilidad de este mineral.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y al Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) por financiar el trabajo de investigación a partir del cual surgieron los datos presentados en este trabajo.

Referencias Bibliográficas

- BINAGHI, M.J., PELLEGRINO, N.R., VALENCIA, M.E. (2011). Bioaccesibilidad de minerales en infusiones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y en mezclas con leches fortificadas con hierro. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 61(1). Consultado el: 18/08/2022. Disponible en: <http://www.alanrevista.org/ediciones/2011/1/art-11/>.
- BRUMOVSKY, L.A.; SÁNCHEZ BOADO, L.; THEA, A.E. (2015). Aportes nutricionales y propiedades biológicas de la yerba mate. En M.E. Schmalko, S.D. Prat Krikum y R.G. Känzig (Eds.), La yerba mate: tecnología de la producción y propiedades (271-313). Editorial Universitaria. ISBN: 978-950-579-397-6.
- CHASAPIS, C.T.; LOUSIDOU, A.C.; SPILIOPOULOU, C.A.; STEFANIDOU, M.E. (2012). Zinc and human health: an update. Archives of Toxicology, 86(4), 521-534. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>.
- HORTÚA, N.S. (2013). El zinc como aditivo para la industria de alimentos: una alternativa de ingrediente funcional. Trabajo final de Especialización en Alimentación Y Nutrición. Facultad de Ingeniería. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas, Antioquia, Colombia.
- IRAM, Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2008). Norma 20540-2: Yerba mate. Materiales y procedimientos a utilizar en la determinación de los caracteres organolépticos de la yerba mate - Parte 2: bajo la forma de yerba mate en saquito.
- IRAM, Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2019). Norma 20509: Yerba mate. Materiales y procedimientos a utilizar para obtener un extracto acuoso de yerba mate simulando su tradicional forma de consumo, la mateada.
- LÓPEZ DE ROMAÑA, D.; CASTILLO D., C.; DIAZGRANADOS, D. (2010a). El zinc en la salud humana-I. Revista Chilena de Nutrición, 37(2), 234-239. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000200013>.
- LÓPEZ DE ROMAÑA, D.; CASTILLO D., C.; DIAZGRANADOS, D. (2010b). El zinc en la salud humana-II. Revista Chilena de Nutrición, 37(2), 240-247. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000200014>.
- RUBIO, C.; GONZÁLEZ WELLER, D.; MARTÍN-IZQUIERDO, R.E.; REVERT, C.; RODRÍGUEZ, I.; HARDISSON, A. (2007). El zinc: oligoelemento esencial. Nutrición Hospitalaria, 22(1), 101-107. ISSN: 0212-1611.
- SCIPIONI, G.P.; ARGÜELLO, B.V. (2015). Composición química III: minerales. En M.E. Schmalko, S.D. Prat Krikum y R.G. Känzig (Eds.), La yerba mate: tecnología de la producción y propiedades (251-270). Ed. Universitaria. ISBN: 978-950-579-397-6.
- SOETAN, K.O.; OLAIYA, C.O.; OYEWOLE, O.E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. African Journal of Food Science, 4(5), 200-222. ISSN 1996-0794.
- TORRES ACOSTA, R.; BAHR VALCARCEL, P. (2004). El zinc: la chispa de la vida. Revista Cubana de Pediatría, 76(4). Consultado el: 26/10/2021. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312004000400008.
- VELÁZQUEZ PÉREZ, A.; PÉREZ DUERTO, O.; PINO DE LOS REYES, J. (2014). El zinc, micronutriente importante en la salud humana. Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta, 39(8). Consultado el: 25/10/2021. Disponible en: <http://revzoilomarinellosld.cu/index.php/zmv/article/view/223>.

Formulações de yerba-mate (*Ilex paraguariensis*) com atividade fotoprotetora

Andriolli, Ribeiro Juliana¹; Magri, Ederlan¹; Gonçalves, Itamar Luís¹; Roman, Juliana¹; Valduga, Alice Teresa¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões—URI, Sete de Setembro Avenue, 1621, Erechim 99700-000, RS, Brasil

Resumo: A erva-mate contém em sua composição uma alta concentração de compostos fenólicos. Esta classe de metabólitos secundários exibe fortes valores de absorvidade molar nos comprimentos de onda ultravioleta e visível. Este estudo avaliou o efeito de extratos de erva-mate sobre o valor do fator de proteção solar (FPS) *in vitro* de formulações fotoprotetoras. As formulações dos protetores foram elaboradas tendo como base loção não iônica e extrato de erva-mate e/ou avobenzona. O efeito das formulações sobre o resveratrol foi determinado por espectrometria UV-vis. O extrato de erva-mate e a avobenzona produziram efeito sinérgico sobre o FPS. O extrato de erva-mate a 5% melhorou o FPS da formulação de avobenzona 5% de $28,46 \pm 5,45$ para $40,48 \pm 0,84$. O extrato de erva-mate a 5% evitou a degradação do resveratrol pela radiação ultravioleta. Nesta mesma concentração, a avobenzona produziu um efeito menor do que os extratos de erva-mate na proteção do resveratrol. O perfil de espalhabilidade das formulações de erva-mate e avobenzona foi semelhante ao perfil das formulações de avobenzona. Os resultados aqui relatados mostram a adequação do uso do extrato de erva-mate em formulações fotoprotetoras, destacando seu efeito *in vitro* e abrindo possibilidades para novas investigações explorando esta propriedade.

Palavras-chave: Atividade biológica. Moléculas biologicamente ativas. Fotoprotetor. Fitoquímica.

Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) é uma planta com alta concentração de compostos fenólicos, possuindo em sua composição ácidos clorogênicos, cinâmicos e flavonoides (Valduga et al., 2019). Uma investigação identificou que a erva-mate apresentou o maior teor de ácido clorogênico total ($91.886 \text{ mg} \cdot 1.000 \text{ g}^{-1}$) entre as 100 plantas comercializadas no Brasil para infusão, cerca de 5,5 vezes maior que o valor encontrado no chá branco ($16.401 \text{ mg} \cdot 1.000 \text{ g}^{-1}$), que teve o segundo maior teor (Meinhart et al., 2017). Em alguns países da América do Sul, as folhas de erva-mate processadas são utilizadas para o preparo de bebidas amplamente consumidas (Gonçalves et al., 2015; Lewinski et al., 2015; Magri et al., 2021).

Há esforços para desenvolver fotoprotetores mais eficientes, pois a exposição ao sol é uma causa de alterações nos ácidos nucleicos e é uma fonte de estresse oxidativo associado ao envelhecimento prematuro e ao câncer de pele (Saguie et al., 2021). Fontes vegetais têm sido utilizadas em formulações com o objetivo de melhorar seu efeito fotoprotetor. Essa estratégia explora as moléculas fotoprotetoras produzidas pelas plantas para proteger seu material genético da radiação ultravioleta (He et al., 2021). Recentemente, o extrato de semente de uva mostrou um efeito protetor sobre os fibroblastos da pele expostos à luz ultravioleta e foi usado em uma formulação de filtro solar (Yarovaya et al., 2021). Adicionalmente, o extrato de folha de oliveira mostrou efeito fotoprotetor *in vivo* sobre leveduras e sinergismo com filtros químicos (Da Silva et al., 2019).

Os protetores solares contêm em sua composição filtros físicos capazes de aumentar a reflexão e dispersão da radiação ou filtros químicos. Este último grupo é capaz de absorver a energia da radiação originando um estado ativado, que, via processos químicos, converte a energia do

fóton em calor, retornando a molécula ao estado eletrônico inicial (Chiari-Andréo et al., 2020). Com relação aos filtros químicos, pode-se destacar em suas estruturas a presença de moléculas aromáticas com extenso sistema π conjugado. Os polifenóis encontrados na erva-mate também possuem essa característica estrutural.

A utilização de extratos de erva-mate em formulações tópicas com o objetivo de fornecer fotoproteção é pouco explorada até o momento. Devido à semelhança química entre os filtros ultravioleta atualmente utilizados em formulações de filtros solares e os metabólitos presentes na erva-mate, esta pesquisa explorou o uso do extrato hidroetanólico da erva-mate em emulsões com atividade fotoprotetora.

Materiais e Métodos

Preparação de extratos

Folhas de erva-mate foram coletadas no município de Pinhão (25°54'17" S e 51°35'14" W). A coleta foi realizada na parte mediana da planta e 20 plantas foram utilizadas como amostra representativa de área. A idade estimada das folhas foi de 18 meses. As folhas (1 kg) foram secas a 35 °C em estufa com circulação de ar até peso constante e trituradas em moinho de facas (0,85 mm). O material foi submetido à maceração com etanol:água 1:1 por 24 h. O extrato foi filtrado e seco sob pressão reduzida em evaporador rotativo e liofilizado.

Formulações

Nove formulações foram obtidas com concentrações crescentes de extratos de erva-mate e/ou avobenzona. A base utilizada foi a emulsão não iônica óleo/água (O/A) (Tabela 1) na proporção 11,15/88,85 O/A, preparada da seguinte forma: ambas as fases A (fase oleosa) e B (fase aquosa) foram aquecidas separadamente a 75°C. Em seguida, a fase aquosa foi adicionada à fase oleosa a 500 rpm até formar uma emulsão. A mistura foi resfriada sob agitação até temperatura ambiente. A Fase C foi adicionada no final quando a temperatura estava dentro de 40°C. A agitação foi, então, mantida por mais 5 min. A inserção da avobenzona envolveu sua levigação com propilenoglicol enquanto os extratos de erva-mate foram misturados diretamente na emulsão (Aulton e Taylor, 2013).

Tabela 1. Composição da emulsão base

	Componente	Porcentagem (%)
Fase A	Polawax	6,0
	Propilparabeno	0,1
	Butilidroxitolueno	0,05
	Estearato de octila	5,0
Fase B	Propilenoglicol	5,0
	Metilparabeno	0,2
	Água	até 100
Fase C	Imidazolidinil ureia	0,6

Caracterização da formulação

Uma investigação reológica preliminar foi realizada pela quantificação da espalhabilidade, usando métodos previamente descritos (Borghetti e Knorst, 2006). A estabilidade preliminar foi avaliada de acordo com testes definidos pela ANVISA e amplamente utilizados para investigação de estabilidade (Anvisa, 2004; Tozetto et al., 2017).

Determinação do FPS

O FPS foi determinado de acordo com o método desenvolvido por Sayre 1978 (Sayre et al., 1979) e modificado por Mansur 1986 (De Souza Mansur *et al.*, 1986). As formulações foram dissolvidas em etanol na concentração de 0,2 mg/mL e a absorvância medida de 290 a 320 nm com 5 nm de resolução. O FPS foi calculado conforme a Equação (1), onde FC é um fator de correção = 10; EE é o espectro de eficiência eritemal, I é o espectro de intensidade do simulador solar medido com um espectrorradiômetro calibrado e A é a absorvância de 290 a 320 nm medida em incrementos de 5 nm. Os valores de EE e I foram previamente determinados por Sayre 1978 (Sayre *et al.*, 1979).

$$\text{SPF} = \text{FC} \cdot \sum_{290}^{320} \text{EE}(\lambda) \cdot \text{I}(\lambda) \cdot \text{A}(\lambda) \quad [1]$$

Investigação Fotoprotetora

O efeito das formulações na estabilidade do resveratrol foi investigado de acordo com protocolos previamente definidos (Allan *et al.*, 2009). Este teste envolveu a utilização de uma câmara revestida com espelhos e com luz ultravioleta. Uma solução de resveratrol (15 mL) em acetonitrila 8 µg/mL foi adicionado a placas de Petri que foram expostas à radiação ultravioleta em uma câmara. Cada placa foi coberta por um filme de 300 mg de formulação antes da exposição a uma lâmpada ultravioleta emitindo UVA 2% e UVB 0,5%. Amostras foram coletadas em 15, 30, 45, 60, 120 e 180 min para monitoramento da absorvância em 306 nm e quantificação do resveratrol. Este experimento utilizou um controle positivo de uma placa de Petri com cobertura impermeável à luz ultravioleta e um controle negativo de uma placa de Petri sem nenhuma proteção e coberta com uma loção sem nenhum princípio ativo.

Análise Estatística

A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada com o teste Shapiro-Wilk. Os valores de FPS e pH foram comparados usando ANOVA seguido do teste de Tukey. Foram considerados significativos valores de p inferiores a 0,05. Todas as análises foram realizadas no GraphPad Prism 9.3.

Resultados e discussão

Extração e determinação do SPF

Foi encontrado 9% de solúveis nas folhas de erva-mate submetidas à extração. Estudos com extração exaustiva em folhas de erva-mate mostraram rendimento de 50,7% (Valduga *et al.*, 2003).

O efeito dos extratos de erva-mate (YM), avobenzona (A) ou sua combinação (YM + A) no FPS foi avaliado usando um protocolo *in vitro*. A formulação mais eficiente continha o extrato de erva-mate 5% com avobenzona 5%, que apresentou FPS $40,48 \pm 0,84$. Já a formulação com apenas avobenzona 5% apresentou FPS de $28,46 \pm 5,45$ e a formulação apenas com extrato de erva-mate apresentou FPS = $12,03 \pm 0,01$ (Tabela 2). Esses resultados mostraram um efeito sinérgico do extrato de erva-mate sobre o FPS das formulações.

O efeito sinérgico entre extratos de produtos naturais e bloqueadores solares químicos ou físicos com ou sem base nanotecnológica é uma estratégia amplamente explorada, visando melhorar o FPS (He *et al.*, 2021). Com essa abordagem, altos valores de FPS foram alcançados, como o exemplo de formulações com extrato de bagaço de uva a 10% em associação com filtros químicos que renderam um FPS de 76,67 (Hubner *et al.*, 2019).

Tabela 2. Determinação do FPS de formulações com extratos de erva-mate, avobenzona e ambos

Formulação	SPF
YM 1%	2,05± 0,04 ^e
YM 2%	4,35± 0,07 ^{de}
YM 5%	12,03± 0,01 ^c
A1%	3,35± 0,10 ^{de}
A2%	7,53± 0,05 ^{cd}
A5%	28,46± 5,45 ^b
YM1% + A1%	4,22± 0,25 ^{de}
YM2% + A2%	12,32± 0,07 ^c
YM5% + A5%	40,48± 0,84 ^a
Control	0,01± 0,04 ^e

Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes, segundo a ANOVA seguida do teste de Tukey,

Efeito fotoprotetor na degradação do resveratrol

Visando comprovar nossos resultados, a atividade fotoprotetora das formulações foi investigada pela quantificação de sua capacidade em proteger uma solução de resveratrol 8 µg/mL da degradação produzida pela radiação UVA e UVB. A 1%, nem o extrato de erva-mate nem a avobenzona foram capazes de evitar a degradação do resveratrol (Figura 1a,d). A 2% e 5% de erva-mate, o extrato apresentou efeito fotoprotetor maior que o da avobenzona, conforme pode ser observado na Figura 1b,c,e,f. Nas formulações com extrato de erva-mate 5%, com e sem avobenzona, a totalidade da quantidade inicial de resveratrol manteve-se inalterada ao final do tempo de monitoramento (Figura 1c,i). Nesta concentração, o perfil do resveratrol contra o tempo se sobrepôs ao controle positivo (placa recoberta com material impermeável à radiação ultravioleta, representado nos gráficos por círculos pretos). As formulações com erva-mate e avobenzona, tanto a 1% quanto a 2%, mantiveram os níveis de resveratrol superiores às formulações apenas com avobenzona, conforme pode ser observado na Figura 1d,e,g,h. Adicionalmente, pode-se observar que, na ausência do agente fotoprotetor, apenas 44% do resveratrol inicial permaneceu após 180 min de exposição à luz ultravioleta. Este valor foi obtido em placas recobertas por filme de loção (círculos laranja nos gráficos da Figura 1) e no controle negativo (círculos brancos). Esses resultados mostraram que o extrato de erva-mate a 2% e 5% foi eficaz na proteção do resveratrol contra a radiação ultravioleta.

O efeito pronunciado dos extratos de erva-mate na proteção do resveratrol contra a radiação ultravioleta pode estar relacionado ao alto nível de ácidos clorogênicos presentes na erva-mate (Meinhart *et al.*, 2017). Os três isômeros de posição do ácido clorogênico têm forte absorção nas regiões UVA e UVB do espectro eletromagnético, principalmente acima de 280 nm. O valor máximo de absorção desses isômeros ocorre em 326 nm com um ombro em 296 nm (Butiuk *et al.*, 2016).

Caracterização, estabilidade e espalhabilidade

A cor e o odor não foram alterados durante 12 dias de armazenamento em condições ambientais e em ciclos de congelamento-descongelamento. Em relação à resistência mecânica à centrifugação, a separação de fases ocorreu apenas nas maiores concentrações de todas as formulações. Este aspecto foi observado nas condições ambientais ao final do período de armazenamento. As formulações com extratos de erva-mate foram as que apresentaram espalhabilidade similares ao controle.

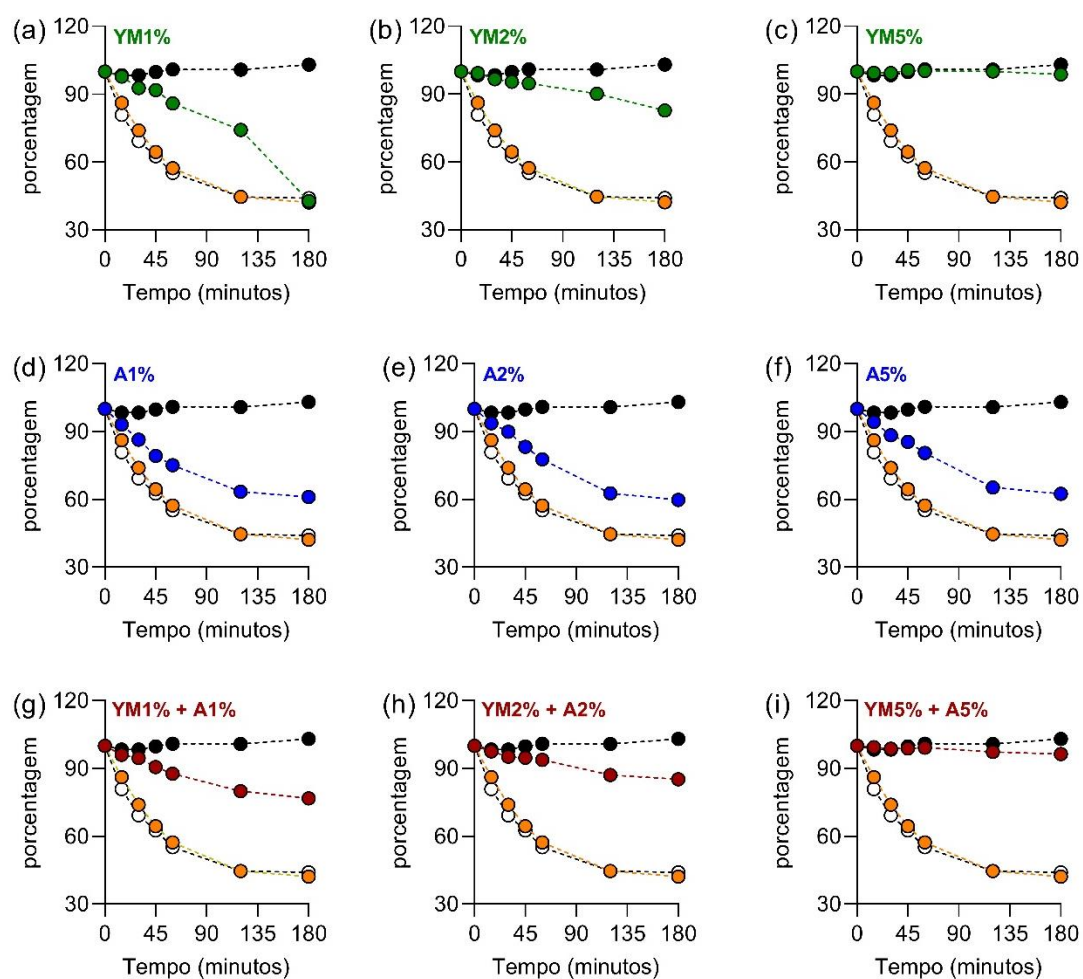


Figura 1. Efeito das formulações investigadas na proteção do resveratrol contra a luz ultravioleta. Em (a–c) as formulações apresentaram extratos de erva-mate em concentrações crescentes; em (d–f) avobenzona e em (g–i) a combinação de ambos. Em todas as figuras os círculos pretos são o controle positivo, os círculos brancos são o controle negativo e os círculos laranjas são a loção sem nenhum agente fotoprotetor. YM: extrato de erva-mate; A: avobenzona.

Conclusão

Foi identificado efeito sinérgico do extrato de erva-mate com a avobenzona sobre o FPS das formulações. Um alto valor de FPS de $40,48 \pm 0,84$ foi encontrado para a formulação com erva-mate 5% e avobenzona 5%. Extratos de erva-mate a 5% com ou sem avobenzona evitaram a degradação do resveratrol produzida pela luz ultravioleta. As formulações investigadas apresentaram um perfil adequado de espalhabilidade e estabilidade.

Referências Bibliográficas

- ALLAN, K. E.; LENEHAN, C. E.; ELLIS, A. V. UV light stability of α -cyclodextrin/resveratrol host–guest complexes and isomer stability at varying pH. *Australian Journal of Chemistry*, v. 62, n. 8, p. 921-926, 2009.
- ANVISA. Guia de estabilidade de produtos cosméticos. 2004. 54

- AULTON, M. E.; TAYLOR, K. Aulton's pharmaceuticals: the design and manufacture of medicines. Elsevier Health Sciences, 2013.
- BORGHETTI, G. S.; KNORST, M. T. Development and evaluation of physical stability from O/W lotions containing sunscreens. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 42, p. 531-537, 2006.
- BUTIUK, A. P. et al. Study of the chlorogenic acid content in yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): Effect of plant fraction, processing step and harvesting season. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, v. 3, n. 1, p. 27-33, 2016/03/01/ 2016.
- CHIARI-ANDRÉO, B. G. et al. Can natural products improve skin photoprotection? *Rodriguésia*, v. 71, 2020.
- DA SILVA, A. C. P. et al. Photoprotection assessment of olive (*Olea europaea* L.) leaves extract standardized to oleuropein: In vitro and in silico approach for improved sunscreens. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 193, p. 162-171, 2019/04/01/ 2019.
- DE SOUZA MANSUR, J. et al. Correlação entre a determinação do fator de proteção solar em seres humanos e por espectrofotometria. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 61, n. 4, p. 167-172, 1986.
- GONÇALVES, I. L. et al. Accelerated maturation of processed yerba-mate under the controlled conditions of temperature and humidity. *Nutrition & Food Science*, v. 45, n. 4, p. 564-573, 2015.
- HE, H. et al. Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection factor (SPF). *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 134, p. 111161, 2021/02/01/ 2021.
- HUBNER, A. et al. The Synergistic behavior of antioxidant phenolic compounds obtained from winemaking waste's valorization, increased the efficacy of a sunscreen system. *Antioxidants*, v. 8, n. 11, p. 530, 2019.
- LEWINSKI, C. S. et al. Effects of UV light on the physico-chemical properties of yerba-mate. *Nutrition & Food Science*, v. 45, n. 2, p. 221-228, 2015.
- MAGRI, E. et al. Cadmium and lead concentrations in yerba mate leaves from agroforestry and plantation systems: An international survey in South America. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 96, p. 103702, 2021/03/01/ 2021.
- MEINHART, A. D. et al. Chlorogenic acid isomer contents in 100 plants commercialized in Brazil. *Food Research International*, v. 99, p. 522-530, 2017/09/01/ 2017.
- SAGUIE, B. O. et al. An ex vivo model of human skin photoaging induced by UVA radiation compatible with summer exposure in Brazil. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 221, p. 112255, 2021/08/01/ 2021.
- SAYRE, R. M. et al. A comparison of in vivo and in vitro testing of suncreening formulas. *Photochemistry Photobiology*, v. 29, n. 3, p. 559-566, Mar 1979.
- TOZETTO, J. T. et al. Extract of *Punica granatum* L.: An alternative to BHT as an antioxidant in semisolid emulsified systems. *Química Nova*, v. 40, p. 97-104, 2017.
- VALDUGA, A. T.; FINZER, J. R. D.; MOSELE, S. H. *Processamento de erva-mate*. EdiFAPES, 2003.
- VALDUGA, A. T. et al. Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. *Food Research International*, v. 120, p. 478-503, 2019/06/01/ 2019.
- YAROVAYA, L. et al. Effect of grape seed extract on skin fibroblasts exposed to UVA light and its photostability in sunscreen formulation. *Journal of Cosmetic Dermatology* v. 20, n. 4, p. 1271-1282, 2021.

Caracterización de partículas con propiedades magnéticas aisladas de yerba mate elaborada

Thea, Ana Eugenia^{1,4,*}; Neis, Emiliano Roberto^{1,3}; Covinich, Mónica Mariela^{1,3}; Cegelski, Cristian^{2,4}; Scipioni, Griselda Patricia^{1,4}; Schmalko, Miguel Eduardo^{1,4}

¹Profesor/Investigador, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales-Universidad Nacional de Misiones (FCEQyN-UNaM) Félix de Azara 1552, Posadas (Misiones, Argentina),

*anaeugeniatheta@gmail.com

²Profesor/Investigador, Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional de Misiones (FIO-UNaM) Juan Manuel de Rosas 325, Oberá (Misiones, Argentina).

³Becario Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

⁴Investigador Instituto de Materiales de Misiones (UNaM-CONICET) - Colón 1575, Posadas (Misiones, Argentina).

Resumen: La confianza en la inocuidad e integridad de los alimentos es un requisito importante para los consumidores que, en los últimos años, se han convertido en nuevos actores del sistema de control de la calidad y la inocuidad alimentarias. La yerba mate, alimento fundamental de la canasta básica de los argentinos, no escapa a la preocupación sobre los riesgos alimentarios que pudiera revestir para los consumidores. Así, surgieron en redes sociales videos que documentan la observación de partículas atraídas por imanes en la yerba mate elaborada, iniciándose un aluvión de especulaciones y preocupación sobre el origen de las mismas y sus efectos para la Salud humana. En Argentina, la normativa vigente de alcance nacional que establece la definición y requisitos que deben cumplir los alimentos que se comercialicen en territorio nacional, es el Código Alimentario Argentino (CAA). El objetivo primordial del CAA es la protección de la salud de los consumidores y velar por la buena fe en las transacciones comerciales. Allí se establecen las definiciones y los requisitos con los que deben cumplir la yerba mate elaborada y los alimentos derivados para el aseguramiento de la calidad y la inocuidad de los mismos. Teniendo en cuenta las observaciones realizadas por parte de los consumidores acerca de la existencia de partículas con propiedades magnéticas en yerba mate elaborada de origen argentino y, que en el CAA no se explicitan requisitos específicos para su control en esta matriz alimentaria, el objetivo general de la presente investigación fue verificar la presencia de las mismas y dilucidar su origen químico. Los objetivos específicos de este trabajo fueron a) determinar el contenido de cenizas totales y cenizas insolubles en HCl de en 10 marcas comerciales de yerba mate elaborada de origen argentino, b) aislar y cuantificar las partículas con propiedades magnéticas de las muestras y c) analizar las sustancias componentes de las mismas por Difracción de Rayos X.

Palabras clave: Yerba mate. Partículas magnéticas. Inocuidad.

Introducción

La globalización del mercado alimentario ha planteado grandes desafíos a las Autoridades Sanitarias de los países del mundo que trabajan constantemente en establecer estándares que garanticen la inocuidad y la calidad de los alimentos que se comercializan. A la vez, la confianza en la inocuidad e integridad de los alimentos como en la calidad del producto es un requisito importante para los consumidores.

En este sentido, en los últimos años, la yerba mate ha sido el centro de ciertos cuestionamientos por parte de los consumidores, estos nuevos actores del sistema que marcan la agenda en lo que respecta al aseguramiento de la calidad y la inocuidad del alimento. Así, surgieron en redes

sociales videos que documentan la observación de partículas atraídas por imanes en la yerba mate elaborada, iniciándose un aluvión de especulaciones y preocupación sobre el origen de las mismas y sus efectos para la Salud humana.

Las normas de calidad y seguridad alimentaria se encargan de establecer niveles reglamentarios para las sustancias o agentes biológicos que puedan estar presentes en un alimento que impliquen un riesgo para la Salud de los consumidores. Asimismo, velan por la calidad de cada uno de los productos alimentarios imponiendo parámetros de calidad regulados con el fin de evitar posibles adulteraciones (salvaguardando la buena fe comercial) y para reducir los defectos naturales o inevitables al nivel más bajo factible. Estas normas están sujetas a constantes planes de revisión y consecuente actualización, en los cuales pueden surgir nuevos agentes (físicos, químicos o microbiológicos) a controlar, o bien, la modificación de los límites permitidos de los ya monitoreados.

En la Argentina, el Código Alimentario Argentino (CAA), en el Capítulo XV, artículo 1.195, establece los requerimientos fisicoquímicos y microbiológicos con los que debe cumplir la yerba mate que se comercializa en el país, garantizando la calidad e inocuidad del producto. Entre los parámetros considerados se encuentran el contenido de cenizas totales y el contenido de cenizas insolubles en ácido, ambos directamente asociados al control del tipo de materiales observados por los autores de los videos. Estos análisis de laboratorio verifican la cantidad de sustancias minerales y compuestos inorgánicos presentes en la yerba mate elaborada y, el cumplimiento de los niveles máximos permitidos, garantizando la inocuidad del alimento para la salud de los consumidores (Hart y Fisher, 1991; Pearson, 1993).

Algunos alimentos, fundamentalmente los productos agrícolas, contienen defectos naturales o inevitables que, en niveles bajos, no son peligrosos para la Salud de los consumidores. Estos defectos pueden presentarse incluso si el alimento ha sido elaborado siguiendo las directrices expuestas en los Manuales de Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura. Aún con la tecnología actual, se considera poco práctico o casi imposible cultivar, cosechar y procesar industrialmente productos agrícolas que estén totalmente libres de defectos.

La *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos, ha emitido un documento en el cual se establecen los niveles máximos para ciertos defectos en diversos alimentos elaborados y utiliza estos niveles para decidir si recomienda algún tipo de acción correctiva.

Entre los defectos que la FDA considera en el documento titulado *Food defect level handbook* (2018), se encuentran la presencia de materiales extraños, granitos de arena, partículas de tierra, óxidos o partículas metálicas que se pudieran desprender de los implementos agrícolas con los que se cosecha o elabora el alimento. Por más que estos defectos puedan parecerse inadmisibles, la industria alimentaria y los organismos reguladores a nivel internacional entienden que muchos de ellos son naturales, otros son inevitables y más importante aún, ninguno de ellos representa un riesgo inherente para la salud de los consumidores.

En vista a la observación realizada por los consumidores sobre la presencia en yerba mate elaborada de partículas atraídas por imanes y su amplia difusión a través de videos en redes sociales, desde la Universidad Nacional de Misiones se decidió dilucidar la estructura química de las mismas. Así, los objetivos específicos de este trabajo fueron a) determinar el contenido de cenizas totales y cenizas insolubles en ácido de yerba mate elaborada de 10 marcas comerciales de origen argentino, b) aislar y cuantificar las partículas con propiedades magnéticas presentes en las muestras y c) determinar las sustancias que las componen mediante la técnica de Difracción de Rayos X.

Materiales y Métodos

Muestras

Se obtuvieron 10 muestras de yerba mate elaborada en comercios de la ciudad de Posadas (Argentina). Las muestras consistieron en dos paquetes de medio kg, del mismo lote, de cada marca comercial. El contenido de ambos paquetes fue mezclado y reducido hasta aproximadamente 300 g mediante cuarteos sucesivos. Las muestras fueron acondicionadas en bolsas de polietileno y almacenadas en un lugar fresco hasta comenzar con los procedimientos analíticos.

Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad de las muestras fue determinado en estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ procediendo según la norma IRAM 20503 (2019).

Determinación de las Cenizas Totales y las Cenizas Insolubles en HCl

El contenido de cenizas totales e insolubles en HCl fueron determinados según lo establecido en las normas IRAM 20505 (2011) y 20507 (2011), respectivamente.

Cuantificación de las partículas con propiedades magnéticas

La cuantificación de las partículas con propiedades magnéticas se realizó utilizando la técnica analítica del Código Alimentario Coreano para la cuantificación de cuerpos metálicos extraños modificada (Korea Food Code, 2019). Brevemente, 250 g de yerba mate fueron mezclados con 3 L de agua desmineralizada. Un imán de neodimio de 10.000 Gauss/d fue adherido a una varilla de vidrio y se cubrió el sistema con una bolsa de polietileno. La varilla con el imán fue sumergida en el seno de la mezcla de yerba mate con agua y se procedió a la homogenización constante durante 10 min. Una vez transcurrido este tiempo, la varilla fue retirada y se roció con agua desmineralizada para eliminar partículas que no estén adheridas a la barra magnética. Se separó la película de polietileno del imán y las partículas con propiedades magnéticas aisladas fueron recogidas en un crisol de porcelana. Este procedimiento se repitió hasta la total remoción de partículas con propiedades magnéticas de la muestra. La totalidad de las partículas recogidas fueron secadas a 105°C para eliminar el exceso de agua. Luego, fueron llevadas a mufla a 400°C durante 1 h. Posteriormente, el residuo obtenido fue dispersado completamente en agua destilada, repitiéndose el proceso de aislamiento utilizando el imán. Las partículas recogidas con el imán fueron colocadas en un crisol de porcelana y llevadas a sequedad en estufa a 105°C hasta peso constante. Finalmente, el residuo obtenido fue pesado en una balanza de precisión.

Análisis de difracción de Rayos X

El perfil de difracción de rayos X (XRD) de las partículas aisladas de las muestras de yerba mate se obtuvo aplicando la técnica de Bragg-Brentano, mediante la utilización de un difractómetro RIGAKU SmartLab SE, operando a 40 kV y 50 mA, usando radiación $\text{Cu K}\alpha$ ($k = 0,15406$ nm), escaneando 2θ con un rango de $10\text{--}70^{\circ}$, velocidad de escaneo $10^{\circ}/\text{min}$ y un paso de $0,05^{\circ}$. Antes de su análisis, las partículas magnéticas aisladas de las muestras de yerba mate fueron trituradas hasta polvo utilizando un mortero de ágata.

El análisis de las fases cristalinas se realizó mediante la comparación entre los difractogramas y la Base de Datos COD (*Crystallography Open Database*).

Análisis estadístico

Para establecer si existe correlación significativa entre las variables estudiadas (contenido de cenizas totales, cenizas insolubles en HCl y contenido de partículas con propiedades magnéticas) se realizó un análisis de correlación utilizando el software Statgraphics Centurion (2009). Se trabajó con un nivel de confianza del 95%.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos para los parámetros de cenizas totales, cenizas insolubles en HCl y contenido de partículas con propiedades magnéticas de las 10 muestras de yerba mate elaborada procesadas se presentan en la tabla 1. Como puede observarse, la totalidad de las muestras se ajustó a los niveles de calidad exigidos en el CAA, verificándose que, en ningún caso, las muestras de yerba mate elaboradas alcanzaron el límite máximo permitido para cenizas totales (9,0 % en peso del producto seco) ni de cenizas insolubles en HCl (1,5 % en peso del producto seco).

Tabla 1. Contenido de cenizas totales, cenizas insolubles en HCl y partículas con propiedades magnéticas de la yerba mate elaborada.

Muestra	Cenizas Totales (g/100 g de la materia seca)	Cenizas Insolubles en HCl (g/100 g de la materia seca)	Contenido de partículas con propiedades magnéticas (mg/kg de la materia seca)
1	5,50	0,31	125,0
2	6,40	0,53	358,0
3	6,20	0,29	68,0
4	7,10	0,52	423,0
5	5,60	0,47	35,0
6	5,90	0,42	19,8
7	6,20	0,34	45,0
8	5,80	0,29	78,0
9	6,90	0,36	269,0
10	5,70	0,45	198,0

El contenido de partículas con propiedades magnéticas de las muestras de yerba mate elaborada analizadas fue ampliamente variable (19,8- 423,0 mg/kg de materia seca). En la normativa vigente en Argentina no se establecen límites máximos para este tipo de materiales en el producto, pero existen mercados internacionales que sí lo regulan. Tal es el caso del mercado coreano que tolera un contenido máximo de cuerpos extraños metálicos de 10,0 mg/kg en productos alimentarios en polvo, en pastillas, líquidos y pastas que hayan sido sometidos a proceso de molienda durante su elaboración (Korean Food Code, 2019). Ninguna de las muestras de yerba mate elaborada analizadas en el presente trabajo se ajustó a los estándares de Corea para el parámetro de calidad estudiado.

El análisis de correlación arrojó una correlación positiva significativa ($p < 0,05$) entre el contenido de cenizas totales y el contenido de partículas con propiedades magnéticas, por lo que las cenizas totales serían un indicador de los niveles de presencia de partículas magnéticas en el alimento.

Mediante la técnica de difracción de rayos X se identificaron las principales sustancias químicas componentes de las partículas con propiedades magnéticas aisladas de las muestras de yerba mate elaborada. En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos.

Pudo verificarse la presencia de cuarzo u óxido de silicio (SiO_2) en la totalidad de las muestras. Asimismo, cinco de las muestras analizadas presentaron el mineral hematita (Fe_2O_3) (muestras

2, 3, 7, 9 y 10). La hematita es débilmente ferromagnética a temperatura ambiente (Cornell y Schwertmann, 2003). En tres de las muestras de yerba mate elaborada analizadas (muestras 1, 5 y 10) se registró la presencia de magnesioferrita (Fe_2MgO_4), sustancia fuertemente magnética (Cornell y Schwertmann, 2003). Además, se verificó la presencia de un aluminosilicato conteniendo talio en una de las muestras, óxido de hierro conteniendo titanio en dos muestras, óxido de aluminio conteniendo fósforo, oxalato de calcio hidratado, óxido de hierro, óxido de aluminio y zinc en otras. De todos estos compuestos, los que poseen propiedades magnéticas son los que contienen hierro en su composición (Cornell y Schwertmann, 2003).

Según trabajos que abordan la composición de los suelos de la región yerbatera (suelos rojos de Corrientes y Misiones, Argentina), los mismos son suelos ferralíticos cuya fracción fina (arcilla) presenta materiales caoliníticos (minerales que poseen aluminio, silicio y oxígeno en su composición) y en menor medida oxi-hidróxidos de hierro, además de minerales filosilicatos como pseudocloritas, montmorillonita e illita (minerales que poseen magnesio, aluminio, hierro y otros posibles elementos en su composición además de silicio y oxígeno).

Tabla 2. Compuestos químicos identificados en las partículas con propiedades magnéticas aisladas de muestras de yerba mate elaborada.

Muestra	Compuesto químico (cantidad relativa, %)
1	Óxido de silicio (SiO_2) (57%)
	Magnesioferrita (Fe_2MgO_4) (43%)
	Cuarzo (SiO_2) (57%)
2	Aluminosilicato conteniendo talio ($\text{Tl}_{12}(\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48})$) (29%)
	Hematita (Fe_2O_3) (14%)
	Hematita (Fe_2O_3) (47%)
3	Óxido de silicio (SiO_2) (34%)
	Óxido de aluminio conteniendo fósforo (AlO_4P) (19 %)
	Cuarzo (SiO_2) (52%)
4	Oxalato de calcio hidratado ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (32%)
	Óxido de hierro conteniendo titanio ($\text{Fe}_2\text{Ti O}_3$) (16%)
	Magnesioferrita (Fe_2MgO_4) (66%)
5	Cuarzo (SiO_2) (34%)
	Óxido de silicio (SiO_2) (45%)
6	Óxido de hierro conteniendo titanio ($\text{Fe}_2\text{Ti O}_3$) (55%)
	Óxido de silicio (SiO_2) (74%)
7	Hematita (Fe_2O_3) (26%)
	Óxido de hierro (Fe_2O_3) (52%)
	Óxido de silicio (SiO_2) (34%)
8	Óxido de aluminio y zinc ($\text{Al}_2\text{O}_4\text{Zn}$) (14%)
	Hematita (Fe_2O_3) (65%)
	Cuarzo (SiO_2) (35%)
9	Hematita (Fe_2O_3) (52%)
	Cuarzo (SiO_2) (39%)
10	Magnesioferrita (Fe_2MgO_4) (9%)

Con respecto a los compuestos del hierro se observó la presencia de hematita (Fe_2O_3) y goethita ($\alpha \text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$). Respecto a la fracción arena de los suelos ferralíticos de Misiones (fracción gruesa) se destaca la presencia de cuarzo (SiO_2) y otros óxidos de silicio entre los componentes livianos y la magnetita ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$) e ilmenita ($\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+}\text{O}_3$) entre los componentes pesados, sin descartar la presencia de maghemita ($\text{Fe}^{+3}_2\text{O}_3$). De estos minerales, la magnetita y la maghemita son materiales fuertemente magnéticos. En otros trabajos también se documenta la

presencia de otros minerales estables como anastasa y rutilo (ambos formas minerales del óxido de titanio IV; TiO_2) en la fracción arena de los suelos de la región (Moretti et al., 2006; Moretti et al.; 2008 Morrás et al., 2004).

De acuerdo a lo expuesto, podríamos afirmar que las partículas con propiedades magnéticas observadas en la yerba mate elaborada corresponderían a minerales provenientes de los suelos de cultivo. Este hecho es de esperar teniendo en cuenta que la yerba mate es un cultivo que está expuesto a la deposición de restos de suelo no solo en la plantación (por adherencia de polvo del ambiente; situación que se exagera en época de sequía), si no también durante la cosecha y transporte de la hoja verde hacia el establecimiento de secado. Por todo lo anterior, y considerando los bajos niveles del contenido de estas partículas en el producto comercial (<0,05 % de la materia seca) sería correcto afirmar que nos encontramos frente a un defecto inevitable, aunque para cubrir los estándares de calidad de ciertos mercados internacionales, como el coreano, deben extremarse medidas que aseguren un estricto cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas y de manufactura de la yerba mate.

Conclusiones

La totalidad de las muestras de yerba mate elaborada analizadas cumplió con los requisitos establecidos en el Código Alimentario Argentino para los parámetros de calidad contenido de cenizas totales y cenizas insolubles en HCl. Asimismo, se consiguió verificar la presencia de partículas con propiedades magnéticas en todas muestras procesadas además de aislarlas y cuantificarlas. El contenido de partículas con propiedades magnéticas se encontró por debajo del 0,05 % en peso del material seco en todos los casos. Se comprobó correlación positiva significativa ($p < 0,05$) entre los parámetros contenido de cenizas totales y los niveles de partículas con propiedades magnéticas por lo que las cenizas totales serían un indicador del contenido de partículas magnéticas en el alimento.

Mediante la técnica de difracción de rayos X se identificaron los principales compuestos químicos presentes en las partículas con propiedades magnéticas aisladas, siendo el cuarzo u óxido de silicio y diferentes óxidos de hierro los identificados inequívocamente en todas las muestras. Estas sustancias forman parte de la composición de los suelos de cultivo, por lo que su existencia en la yerba mate elaborada indica la presencia de restos de tierra en el producto.

Referencias Bibliográficas

- CAA- CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (2018). Capítulo XV: productos estimulantes o frutivos. Artículos 1.193 – 1.198.
- CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. Iron oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, p.111-137, 2003.
- HART, F. L. Y FISHER, H. J. Análisis moderno de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia S.A, 1991.
- IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2011). Norma 20505: Yerba mate. Determinación de las cenizas totales.
- IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2011). Norma 20507: Yerba mate. Determinación del contenido de las cenizas insolubles en ácido.
- IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2019). Norma 20503: Yerba mate. Determinación de la pérdida de masa a 103 °C.
- KOREAN FOOD CODE. Common Standards and Specifications for General Foods, p.37, 2019.

- MORETTI, L.; MORRÁS, H.; ZECH, W.; PÍCCOLO, G. Origen y evolución paleoambiental del manto ferralítico de la provincia de Misiones. Conferencia: III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Córdoba, Argentina, 2008.
- MORETTI, L.; MORRÁS, J.; ZECH, W.; PÍCCOLO, G. Mineralogía y granulometría en una transecta SW-NE de suelos ferralíticos de misiones. Conferencia: XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta, Argentina, 2006.
- MORRÁS, H.; MORETTI, L.; ZECH, W.; PÍCCOLO, G. Mineralogía de arcillas y susceptibilidad magnética de dos suelos contrastantes del departamento Alem, Misiones. Conferencia: XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Argentina, 2004.
- PEARSON, D. Técnicas de laboratorio para el análisis de los alimentos. Tercera edición. Editorial Acribia S.A, 1993.
- US FDA – US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Food defect levels handbook, 2018. Disponible en: <https://www.fda.gov/food/ingredients-additives-gras-packaging-guidance-documents-regulatory-information/food-defect-levels-handbook> Acceso: 07/07/2023

Contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos y 9,10-antraquinona en yerba mate obtenida utilizando métodos alternativos de zapecado

Thea, Ana E.^{1*}; Holowaty, Santiago A.¹; Ferreira, Darío¹; Brumovsky, Luis A.¹; Schmalko, Miguel E.¹

¹Profesor/Investigador. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552, Posadas (Misiones, Argentina), *anaeugeniathea@gmail.com

Resumen: Durante las dos primeras etapas del procesamiento tradicional de la yerba mate (*I. paraguariensis* St. Hil.) (zapecado y secado, respectivamente), las ramas de *I. paraguariensis* entran en contacto directo con una mezcla de aire y gases de combustión provenientes del quemado de biomasa forestal (leña, chips u otro subproducto de la industria maderera), contaminándose con hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y compuestos derivados como la 9,10-antraquinona. Los HAPs y la 9,10-antraquinona son considerados sustancias tóxicas para la Salud de los humanos. Este hecho pone en peligro la colocación de la yerba mate en sus destinos de exportación, especialmente los países integrantes de la Comunidad Europea, ya que este mercado posee límites máximos permitidos para los HAPs y la 9,10-antraquinona en diversas matrices alimentarias. En los últimos tiempos se estudiaron diferentes combustibles y procesos alternativos para la elaboración de la yerba mate con el fin de evitar esta contaminación. El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de HAPs y 9,10-antraquinona en yerba mate zapecada utilizando tratamientos alternativos (zapecado con agua caliente, zapecado con vapor, zapecado con ondas de alta frecuencia y zapecado tradicional utilizando pellets de madera como combustible). Para ello, se estudió la presencia de cuatro HAPs (benzo(a)antraceno (BaA), criseno (Chry), benzo(b)fluoranteno (BbF), benzo(a)pireno (BaP)), denominados en conjunto PAH4) y 9,10-antraquinona en muestras de yerba mate zapecada obtenida utilizando los métodos anteriormente mencionados. La identificación y cuantificación de los PAH4 fue realizada mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección de fluorescencia (HPLC-FLD). La identificación y cuantificación de 9,10-antraquinona fue realizada mediante cromatografía líquida de alta resolución con detector de arreglo de diodos (HPLC-PDA). Se pudo verificar que la yerba mate obtenida utilizando métodos alternativos de zapecado (agua caliente, vapor de agua, ondas de alta frecuencia) o zapecado tradicional utilizando pellets de madera como combustible cumple con los requisitos de la Unión Europea en lo que respecta a niveles máximos de PAH4 y 9,10-antraquinona.

Palabras clave: Yerba mate. Hidrocarburos aromáticos policíclicos. 9,10-antraquinona. Inocuidad.

Introducción

El procesamiento primario de la yerba mate (*I. paraguariensis* St. Hil.) incluye tres etapas: el zapecado, el secado y la molienda gruesa o canchado. En la etapa de zapecado, las ramas de *I. paraguariensis* son expuestas a la acción directa de la llama y gases de combustión provenientes del quemado de leña, chips, virutas y/o aserrín de madera, a altas temperaturas (400-500°C) durante unos pocos minutos (2-4 min). El principal objetivo de esta etapa es inactivar las enzimas responsables del pardeamiento de las hojas y provocar cambios físicos en las ramas de *I. paraguariensis*, responsables del desarrollo de caracteres organolépticos típicos del producto. Luego del zapecado, el material es secado entrando en contacto con una mezcla de aire y gases de combustión producto del quemado de diversos tipos de biomasa forestal. Las condiciones de secado, principalmente la temperatura de entrada de los gases de combustión y el tiempo de

contacto entre éstos y las ramas de yerba mate varían según el tipo de secadero (Schmalko, 2005). Ha sido demostrado que durante el secado de algunos alimentos, la exposición de la materia prima al contacto directo con los gases de combustión provenientes de la quema de biomasa lignocelulósica, contribuye significativamente a la contaminación del material con hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y sustancias derivadas como la 9,10-antraquinona (AQ) (Chung et al., 2011; Rose et al., 2015), compuestos potencialmente carcinogénicos para los humanos (IARC, 2010; IARC, 2012), afectando severamente la inocuidad del producto. Esta es la razón por la que ciertos mercados reglamentan los máximos permitidos para HAPs y AQ en diversas matrices alimentarias.

La presencia de HAPs en yerba mate ha sido reportada en diversos estudios (García Londoño et al., 2014; Golozar et al., 2012; Kamangar et al., 2008; Schulz et al., 2015; Ziegenhals et al., 2008; Zuin et al., 2005). Asimismo, existen antecedentes que documentan que la contaminación de la yerba mate con estos compuestos ocurre durante el procesamiento primario (Thea, 2016; Viera et al., 2010). Con respecto a 9,10-antraquinona, existen reportes que evaluaron el contenido de AQ a lo largo del proceso de manufactura de diferentes tipos de té, observando aumentos en el contenido de AQ conforme la materia prima avanzaba en el proceso de manufactura. Los autores adjudican la contaminación con AQ al contacto de la materia prima con gases de combustión incompleta durante el procesamiento (Anggraini et al., 2020; Gunawan et al., 2020; Yu et al., 2022). Sumado a esto, existen trabajos que demuestran la formación de AQ durante los procesos de combustión incompleta en el quemado de diferentes tipos de biomasa de origen vegetal (Fitzpatrick et al., 2007; Shen et al., 2011).

Para evitar la contaminación de los alimentos con los productos de la combustión incompleta previamente mencionados, las estrategias puestas en práctica por la industria alimentaria a nivel mundial incluyen métodos de secado indirecto o bien, métodos que no impliquen el quemado de materia orgánica como fuente de calor. En el caso particular del procesamiento de la yerba mate, la etapa de zapecado es crítica ya que es verdaderamente difícil alcanzar las temperaturas habitualmente requeridas en el proceso (400-500°C) calentando aire en forma indirecta.

Por lo anteriormente expuesto y con el fin de evitar la contaminación del producto con residuos de la combustión, en el último tiempo se ha trabajado en el desarrollo de modificaciones en el proceso de manufactura tradicional de la yerba mate. Las alternativas ensayadas incluyen el zapecado por inmersión en agua caliente (Galeano, 2010; Holowaty et al., 2018), zapecado por aplicación de vapor de agua (Barrionuevo, 2007; Galeano et al., 2010; Holowaty et al., 2018) y la utilización de aire caliente con calentamiento indirecto en la etapa de secado. Asimismo, se estudió el proceso de secado integral de las ramas de yerba mate utilizando ondas de alta frecuencia (Laube, 2008; Pasardi et al., 2006; Holowaty et al., 2018). Otra de las opciones comprende el uso de sistemas de combustión eficientes que utilizan pellets de madera como combustible, lo que implicaría modificaciones poco significativas de las líneas de proceso.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de HAPs (benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno; denominados en conjunto PAH4) y 9,10-antraquinona en yerba mate zapecada utilizando tratamientos alternativos, a saber: a) zapecado con agua caliente, b) zapecado con vapor, c) zapecado con ondas de alta frecuencia y d) zapecado tradicional utilizando pellets de madera como combustible.

Materiales y Métodos

Muestras: Se obtuvieron muestras de yerba mate zapecadas utilizando métodos alternativos.

La yerba mate zapecada por aplicación de vapor de agua se obtuvo utilizando un equipo a escala piloto construido a partir del desarrollo de un proyecto financiado por el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) y dirigido por el Ing. Martín Barrionuevo (2007). Durante el proceso,

las ramas de yerba mate fueron expuestas a la acción del vapor de agua a 105°C durante 10 min. La yerba mate zapecada por inmersión en agua caliente se obtuvo utilizando un equipo industrial desarrollado por el Ing. Juan Carlos Lorenzo (equipo patentado). El equipo operó con agua a 95 °C y el tiempo de residencia de las ramas de *I. paraguariensis* fue de 4 min. La yerba mate zapecada mediante ondas de alta frecuencia se obtuvo utilizando un equipo a escala piloto construido durante la ejecución de un proyecto financiado por el INYM y dirigido por el Sr. Norberto H. Laube (2008). En este caso se trabajó con una potencia de irradiación de 1 GHz durante 10 min.

Las muestras de yerba mate zapecadas utilizando pellets de madera fueron obtenidas utilizando un equipo zapecador industrial puesto en régimen utilizando pellets de madera como combustible. Se tomaron 6 muestras de yerba mate zapecada utilizando pellets de madera como combustible, obtenidas a diferentes tiempos de proceso (espaciadas 10 min unas de otras).

Tras el zapecado utilizando agua caliente y vapor de agua, la yerba mate fue secada en un secadero de planta piloto con aire caliente a 90 °C, utilizando flujo cruzado hasta alcanzar un contenido de humedad de 5 % de la materia seca. En el caso de la yerba mate zapecada con ondas de alta frecuencia y utilizando pellets de madera, las muestras no fueron sometidas a secado posterior. Se determinó el contenido de humedad de todas las muestras para expresar los resultados analíticos en base seca.

Determinación de HAPs: El contenido de benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno (denominados en conjunto PAH4) fue determinado por cromatografía líquida de alta performance con detección de fluorescencia (HPLC-FLD) según lo descrito por Thea et al. (2017).

Determinación de AQ: la muestra de yerba mate (5 g) fue mezclada con 15 mL de acetonitrilo (Merck Chemicals, Argentina) y llevados primeramente a baño termostático a 60 °C con agitación durante 15 minutos. Luego, fue llevada a baño de ultrasonido durante otros 15 minutos. El proceso anteriormente descrito fue realizado dos veces. Finalmente, el extracto fue centrifugado a 4.939 g durante 5 min y el sobrenadante fue pasado a través de un filtro de jeringa de Nylon (Econofilter, Agilent Technologies, USA) de 0,2 µm de poro, estando listo para su análisis cromatográfico.

Una porción del extracto purificado (65 µL) fue inyectada en un cromatógrafo Shimadzu Prominence equipado con un detector de arreglos de diodos (SPD-20A). Para la separación de los compuestos se utilizó una columna Supelcosil™ LC-PAH column (250 x 4,6 mm, 5 µm) (Supelco, Bellefonte, PA, USA) que fue mantenida a temperatura constante (40 °C). La fase móvil utilizada fue una mezcla acetonitrilo/agua con 0,1 % de ácido fórmico (Merck Chemicals, Argentina) en gradiente. La AQ fue detectada y cuantificada mediante el monitoreo de la absorbancia a 254 nm. Cabe destacar que el método analítico propuesto para la determinación de AQ fue validado y se verificó su ajuste a los criterios mínimos de rendimiento establecidos por la Conferencia Internacional de Armonización (ICH, 2005). Asimismo, el método desarrollado se ajustó a los requerimientos establecidos en el Reglamento N°1146/2014 de la EFSA (nivel máximo permitido de 0,02 mg/kg de alimento).

Resultados y Discusión

Se analizó el contenido de HAPs de muestras de yerba mate zapecada utilizando métodos alternativos (agua caliente, de vapor de agua, ondas de alta frecuencia) y yerba mate zapecada de manera tradicional utilizando pellets de madera como combustible. Los resultados se presentan en la Tabla

Tabla 1. Contenido de HAPs ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de la materia seca) y AQ (mg/kg de la materia seca) en muestras de yerba mate obtenidas mediante procesos alternativos de zapecado

COMPUESTO	AGUA CALIENTE (n=1)	VAPOR DE AGUA (n=1)	ONDAS DE ALTA FRECUENCIA (n=1)	PELLETS (n=6)	LD	LC
Benzo [a]antraceno	ND	ND	ND	ND- 1,7	0,18 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0,60 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Críseno	ND	ND	ND	ND-1,9	0,35 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0,87 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	ND	ND-1,9	0,12 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0,41 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Benzo [a]pireno	ND	<LC	ND	ND- 4,5	0,06 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0,20 $\mu\text{g}/\text{kg}$
PAH4	NC	NC	NC	NC-9,5	-	-
AQ	ND	ND	ND	ND-<LC	0,01 mg/kg	0,02 mg/kg

LD: Límite de detección; LC: Límite de cuantificación; ND: no detectado; <LC: inferior al límite de cuantificación; NC: no cuantificable.

Si bien, en algunas de las muestras los HAPs estudiados y la AQ fueron identificados, no pudieron ser cuantificados ya que se hallaron en niveles inferiores a los límites de cuantificación de los métodos propuestos.

La Unión Europea, en su Reglamento N° 1933 (UE, 2015) vigente a partir de abril del 2016, establece los niveles máximos permitidos para benzo[a]pireno (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y PAH4 (50 $\mu\text{g}/\text{kg}$) en ciertos alimentos de origen vegetal deshidratados. Además, el mismo mercado establece límites máximos permitidos para AQ en matrices alimentarias (Reglamento N° 1146/2014 de la unión Europea). Entre los alimentos alcanzados por la legislación se encuentra la yerba mate, cuyo nivel máximo permitido fue fijado en 0,02 mg/kg de alimento, sin importar su origen. Como puede observarse, el contenido de los 4 HAPs estudiados de las muestras de yerba mate zapecada utilizando agua caliente, vapor de agua y ondas de alta frecuencia no pudo ser determinado en ninguno de los casos, estando estos compuestos presentes a niveles no cuantificables o ausentes. Pudo demostrarse lo mismo para el caso de AQ. Las muestras de yerba mate zapecadas de manera tradicional utilizando pellets de madera como combustible presentaron niveles de PAH4 entre no cuantificable y 9,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de la materia seca, mientras que AQ no pudo ser cuantificada en ninguna de las 6 muestras procesadas. Thea et al. (2017) reportaron niveles de PAH4 entre no cuantificable y 222,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de la materia seca en yerba mate zapecada utilizando combustibles tradicionales (leña, chips o aserrín de madera). En todos los casos estudiados en la presente investigación, se verificó el cumplimiento de los requisitos del mercado europeo de las muestras de yerba mate zapecada utilizando métodos alternativos, demostrándose que la implementación de modificaciones en el proceso de manufactura tradicional de la yerba mate, específicamente la eliminación del quemado de combustibles orgánicos o la utilización de combustibles más eficientes y limpios como fuente de calor, evitando el contacto de los

gases de combustión incompleta con la materia prima, evita la contaminación del producto final con sustancias indeseables.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la eliminación de los gases de combustión como fuente directa de calor en el proceso de manufactura de la yerba mate, evitaría la contaminación del producto con HAPs y derivados como la 9,10-antraquinona. Este hecho quedó demostrado tras el análisis de muestras de yerba mate obtenidas utilizando métodos alternativos de manufactura (sin entrar en contacto con gases de combustión), las que revelaron niveles de contaminación con HAPs y AQ despreciables. Asimismo, los resultados obtenidos indican que el uso de pellets de madera en la etapa de zapecado podría ser una opción que, bien controlada y utilizando la tecnología adecuada, genera un producto libre de contaminación con residuos de la combustión. Esto pone en evidencia la inminente necesidad del desarrollo e implementación a escala industrial de métodos de zapecado alternativos como la utilización de agua caliente, vapor de agua, ondas de alta frecuencia, adopción de la tecnología de los pellets para la etapa de zapecado y métodos de secado indirecto con intercambiadores de calor, lo que se traduciría en un mayor control de los procesos, permitiendo obtener un producto de mayor calidad desde el punto de vista de la seguridad alimentaria.

Agradecimientos

Agradecemos al CONICET y al Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) el apoyo financiero para realizar la presente investigación.

Referencias Bibliográficas

- ANGGRAINI, T.; NESWATI NANDA, R. F.; SYUKRI, D. Identification of 9,10-antraquinone contamination during black and green tea processing in Indonesia. *Food Chemistry*, v. 327, 2020.
- BARRIONUEVO, M. E. Desarrollo de un sistema a escala piloto para zapecado con vapor. PRASY-INYM N° 009/07, 2007.
- CHUNG, S. Y.; YETTELLA, R. R.; KIM, J. S.; KWON, K.; KIM, M. C.; MIN, D. B. Effects of grilling and roasting on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in beef and pork. *Food Chem*, v. 129, p. 1420-1426. 2011.
- FITZPATRICK, E. M.; ROSS, A. B.; BATES, J.; ANDREWS, G.; JONES, J. M.; PHYLAKTOU, H.; POURKASHANIAN, M.; WILLIAMS, A. Emission of oxygenated species from the combustion of pine wood and its relation to soot formation. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 85(5 B), p. 430–440, 2007.
- GALEANO, C. E. Estudio de la degradación de la clorofila de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) en procesos de sapecado en agua. Tesis de la Maestría en Tecnología de los Alimentos - Universidad Nacional de Misiones, 2010.
- GARCÍA LONDOÑO, V. A.; REYNOSO, M.; RESNIK, S. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in yerba mate (*Ilex paraguariensis*) from the Argentinean market. *Food Additives and Contaminants: Part B*, v. 7(4), p. 1-7, 2014.
- GOLOZAR, A.; FAGUNDES, R. B.; ETEMADI, A.; SCHANTZ, M. M.; KAMANGAR F.; ABNET, C. C.; DAWSEY, S. M. Significant variation in the concentration of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in yerba maté samples by brand, batch and processing method. *Environmental Science Technology*, v. 46, p. 13488-13493, 2012.

- GUNAWAN, Y.; PUTRA, N.; HAKIM, I. I.; AGUSTINA, D.; MAHLIA, T. M. I. Withering of tea leaves using heat pipe heat exchanger by utilizing low-temperature geothermal energy. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, v. 16(1), p. 146–155, 2021.
- HOLOWATY, S. A.; THEA, A. E.; ALEGRE, C.; SCHMALKO, M. E. Differences in physicochemical properties of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) obtained using traditional and alternative manufacturing methods. *Journal of Food Process Engineering*, v.41, p. 1-10, 2018.
- IARC- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Some chemicals present in industrial and consumer products, food and drinking-water. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, v. 101, p. 41-70, 2012.
- IARC- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, v. 92, p.754-771, 2010.
- KAMANGAR F.; SCHANTZ M.; ABNET C.; FAGUNDES R.; DAWSEY S. High levels of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in mate drinks. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, v. 17(5), p.1262-68, 2008.
- LAUBE, N. H. Horno Rotativo Continuo de Alta Frecuencia para zapecado y secado de yerba mate. PRASY-INYM N° 023/08, 2008.
- PASARDI, L. R.; SCHVEZOV, C. E.; SCHMALKO, M. E.; GONZÁLEZ, A. D. Drying of *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire by Microwave Radiation. *Dry Technol*, v. 24, p. 1437-1442, 2006.
- ROSE, M.; HOLLAND, J.; DOWDING, A.; PETCH, S.R.; WHITE, S.; FERNANDES, A.; MORTIMER, D. Investigation into the formation of PAHs in foods prepared in the home to determine the effects of frying, grilling, barbecuing, toasting and roasting. *Food Chem Toxicol.*, v. 78, p. 1-9, 2015.
- SCHMALKO, M.E. Estudio del Procesamiento Primario del Procesamiento de la Yerba Mate. Tesis del Doctorado en Ciencias Químicas - Universidad de Buenos Aires, 2005.
- SCHULZ, C.M.; FRITZ, H.; RUTHENSCHRÖR, A. Occurrence of 15 + 1 EU priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in various types of tea (*Camellia sinensis*) and herbal infusions. *Food Additives and Contaminants: Part A*, v. 31 (10), p. 1723-1735, 2015.
- SHEN, G.; TAO, S.; WANG, W.; YANG, Y.; DING, J.; XUE, M. et al. Emission of oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons from indoor solid fuel combustion. *Environmental Science and Technology*, v. 45(8), p. 3459–3465, 2011.
- THEA A.E.; FERREIRA, D.; BRUMOVSKY, L. A.; SCHMALKO, M. E. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) durante las diferentes etapas de procesamiento de la yerba mate (*I. paraguariensis* St. Hil.). *Anais do VII Congresso Sul-Americano da Erva Mate*, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil, p. 510-516, 2017.
- VIEIRA, M. A.; MARASCHIN, M.; ROVARIS, A. A.; AMBONI, R. D. D. M. C.; PAGLIOSA, C. M.; XAVIER, J. J. M.; AMANTE, E. R. Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons throughout the processing stages of erva-mate (*Ilex paraguariensis*). *Food Additives and Contaminants: Part A*, v. 27(6), p. 776-782, 2010.
- YU, J.; ZHOU, L.; WANG, X.; YANG, M.; SUN, H.; WANG, X.; LUO, F.; ZHANG, X.; LOU, Z.; CHEN, Z. 9,10-Anthraquinone contamination in tea processing using coal as heat source. *Beverage Plant Research*, v. 2(1), p. 1–6, 2022.
- ZIEGENHALS, K.; JIRA, W.; SPEER K. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in various types of tea. *European Food Research and Technology*, v. 228, p. 83-91, 2008.

ZUIN, V. G.; MONTERO, L.; BAUER, C.; POPP, P. Stir bar sorptive extraction and high-performance liquid chromatography–fluorescence detection for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in Mate teas. *J Chromatogr A*, v. 1091, p. 2-10, 2015.

5. Industrialización y Nuevos Productos

Assessment of blanching technology in green color preservation in yerba-mate

Picolo, Ana Paula¹; Gonçalves, Itamar Luís¹; Pasquali, Everson Adelmo¹; Aparecida Mielniczki-Pereira, Albanin¹; and Valduga, Alice Teresa¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões—URI, Erechim, Sete de Setembro Avenue, 1621, Erechim 99700-000, RS, Brazil.

Abstract: This study aimed to optimize enzymatic inactivation in yerba-mate, in a process able to replace the conventional zapeco. The effects of the variables water temperature and exposure time on the chlorophyll and colorimetric coordinates were evaluated through a factorial design 2². The adjustment of the colorimetric coordinate a* and chlorophyll as a function of temperature and exposure time allowed validation of the empirical models. The experimental condition defined by 95 °C yielded the highest chlorophyll levels and the lowest a* coordinate. Considering organoleptic aspects simultaneously with these optimized responses, the independent variable time affected the response to a lesser extent. The exposure of yerba-mate leaves to boiling water allows a product to be obtained with enzymatic inactivation and color similar to the conventional process.

Keywords: Enzymatic inactivation. *Ilex paraguariensis*. Peroxidase. Polyphenoloxidase.

Introduction

Ilex paraguariensis St. Hil (Aquifoliaceae), popularly known as yerba-mate, is a native plant from South America. In this region yerba-mate leaves and small branches are processed for the production of different beverages, among which the most commonly consumed is maté (Valduga *et al.*, 2019).

The processing of yerba-mate leaves to produce maté involves the steps of zapeco, drying and grinding. In industrial zapeco yerba-mate processing, the plant material is put in direct contact with flames originating from burning wood (Butiuk *et al.*, 2016). In this step contact of the leaves with polycyclic aromatic hydrocarbons may occur, that can be adsorbed by the yerba-mate biomass (García Londoño *et al.*, 2014; Oranuba *et al.*, 2019). Human exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons may lead to the development of cancer. When these contaminants are metabolized by CYP enzymes, epoxides are produced that can react with the nucleophilic nitrogen from nucleic acids, affecting replication of the genetic material (Moorthy *et al.*, 2015). In addition, conventional zapeco has a limitation in that it requires the absence of prior washing of the leaves. The following step involves drying of the leaves at a temperature close 100 °C, yielding the final product with moisture content lower than 5%. After drying the material is subjected to grinding in a granulometer according to consumer market preference (Valduga *et al.*, 2003).

In Brazil consumption priority is given to the freshly processed product with an intense green color, while in Uruguay, Argentina and Paraguay priority is given to the matured product, which is yellow due to degradation of chlorophyll (Zaions *et al.*, 2014; Lewinski *et al.*, 2015). In terms of chemical aspects, zapeco has the function of inactivating enzymes present in vegetable tissues, such as polyphenoloxidases (PFO) and peroxidase (POD), which produce enzymatic darkening (Whitaker *et al.*, 2003).

The problems associated with conventional zapeco, described above, have a great impact on the safety and quality of processed yerba-mate. Therefore, attempts have been made to find alternatives to conventional zapeco to improve these aspects in the final product. In addition to the use of liquefied petroleum gas as an energy source in the zapeco step (Valduga *et al.*,

2003), the use of high-frequency radiation (Holowaty *et al.*, 2018) has been reported as a promising alternative.

Contact with hot water is widely used in vegetable processing to keep their green color and it involves the fast exposure of vegetables to boiling water or steam (Koca *et al.*, 2007). Another advantage of this process is the possibility of washing the leaves before the next processing steps. Thus, blanching is a viable alternative process that can be utilized to avoid enzymatic darkening in yerba-mate leaves without contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons. In this context, the effects of water temperature and exposure time are reported here on the color and enzymatic activity of yerba-mate-leaves subjected to a blanching process. The use of hot water in this process may be an opportunity to use greener energy sources in yerba-mate processing.

Methodology

Obtaining samples

Yerba-mate leaves obtained from the URI-Erechim gardens were subjected to two processes: (i) conventional zapeco: in a laboratory-scale prototype powered by liquefied petroleum gas energy (operational conditions in batches, corresponding to: 100 g of leaves each cycle, 180 °C, 5 minutes and 60 Hertz) (Valduga *et al.*, 2003), and (ii) blanching: 50 g of leaves by exposure to 1 L of water at a temperature and time defined by the factorial design. In both experimental conditions the samples were dried in fixed bed with hot air at 70 °C until the moisture content was less than 5%.

Experimental design

The experimental conditions were defined by a factorial design 2². The independent variables considered were the temperature and the time, ranging respectively from 75 °C to 95 °C, and from 1 to 5 minutes, with the central point corresponding to 85 °C and 3 minutes.

Obtaining the enzymatic extract

The enzymatic crude extract was obtained according to procedures previously described (Primo *et al.*, 2007; Ceni *et al.*, 2008), with adaptations. A sample composed of 20 g of *in natura* yerba-mate leaves, subjected to heat treatments defined by factorial design was homogenized in 0.05 mol L⁻¹ phosphate buffer (pH 7.5) and 3.0% (w/w) polyvinylpyrrolidone. The mixture was filtered and centrifuged at 8.400 Hertz, 4 °C for 30 minutes. The supernatant was used as a crude enzymatic extract and kept on an ice bath until the assessment of enzymatic activity.

PFO and POD activity determination

The PFO and POD activities were measured at 420 nm and 470 nm, respectively (Primo *et al.*, 2007; Nabechima *et al.*, 2014). For quantification of PFO activity, to a glass tube containing 2.8 mL of 0.05 M phosphate buffer (pH 8.5) and 100 µL of 0.1 M pyrocatechol in 0.1% polysorbate (Tween 80), was added 100 µL of crude extract. In relation to the POD activity measurement, to a glass tube containing 2.725 mL of 0.05 M phosphate buffer (pH 4.7), 100 µL of 0.2 M hydrogen peroxide solution, and 100 µL of guaiacol in 0.1% polysorbate (Tween 80), was added 100 µL of crude extract. In both cases, the absorbance values were read, and enzymatic activity was expressed as residual activity in relation to the *in natura* leaves. All reagents were purchased from Sigma-Aldrich.

Instrumental color measurement

A Minolta CR400 colorimeter was used for color evaluation with the CIELAB system scale, where L^* represents luminosity ranging from black (0) to white (100) and the colorimetric coordinates " a^* " and " b^* " represent different colors ($-a$ = green, $+a$ = red; $-b$ = blue and $+b$ = yellow).

Determination of chlorophyll

The pigments were extracted by trituration of 0.125 g of sample in the presence of *N,N*-dimethylformamide for 1 min. The suspension was filtered, and the volume made up with solvent in a 25 mL volumetric flask. Pigment quantification was performed with absorbance readings at 664 and 647 nm using eqn (1), as previously developed (Moran, 1982). The results are expressed as milligrams of pigment per gram of material.

$$[\text{Total chlorophyll, } \mu\text{g mL}^{-1}] = 7.04A_{664} + 20.27A_{647} \quad (1)$$

Data analysis

The colorimetric coordinates and the enzymatic activity levels were expressed as mean \pm standard deviation of three independent experiments and compared by variance analysis followed by a Tukey test, adopting 5% as the significance level in Statistic 7.0 software. To assess the effect of the variables, different responses were studied with Pareto charts, surface responses and contour lines in Statistic 7.0 software.

Results

The exposure time and water temperature were the variables investigated and the ratio between the leaf mass and water mass was fixed on the basis of previous investigations (50 g of yerba-mate leaves exposed to 1 L of water). The responses measured were the colorimetric coordinates L^* , a^* , b^* (CIELAB scale) and the total chlorophyll level.

For colorimetric coordinate L^* , all values obtained from the experimental conditions were higher than for the sample subjected to conventional zapeco. In relation to the coordinate a^* , the experimental conditions in which the temperature was the lowest were less efficient in preserving the green color, producing high values for this parameter. Preservation of the green color is achieved when small values of a^* are obtained. All experimental conditions increased the colorimetric coordinate b^* in relation to the sample subjected to conventional processing, and this finding is associated with sample yellowing. On the other hand, the highest chlorophyll value was produced by using high-temperature water for a short time. The values of coordinates b^* and L^* did not allow a surface response to be produced with good adjustment, while for coordinate a^* and chlorophyll the analysis yielded good adjustment.

Adjustment of colorimetric coordinate a^* as a function of temperature and exposure time produced a calculated F value corresponding to 6.54, higher than the tabulated $F_{(5,5)} = 5.05$ adopting 95% as the confidence interval, and $r^2 = 0.8673$, validating the empirical model ($p < 0.05$) utilized to generate the surface response and the contour curves represented in Fig. 1a. The lower green color loss ($a^* = -8.85 \pm 0.05$) was related to the use of a higher temperature (95 °C) and 5 minutes. The linear terms of the variables temperature and time had significant negative effects on the response (Figure 1b).

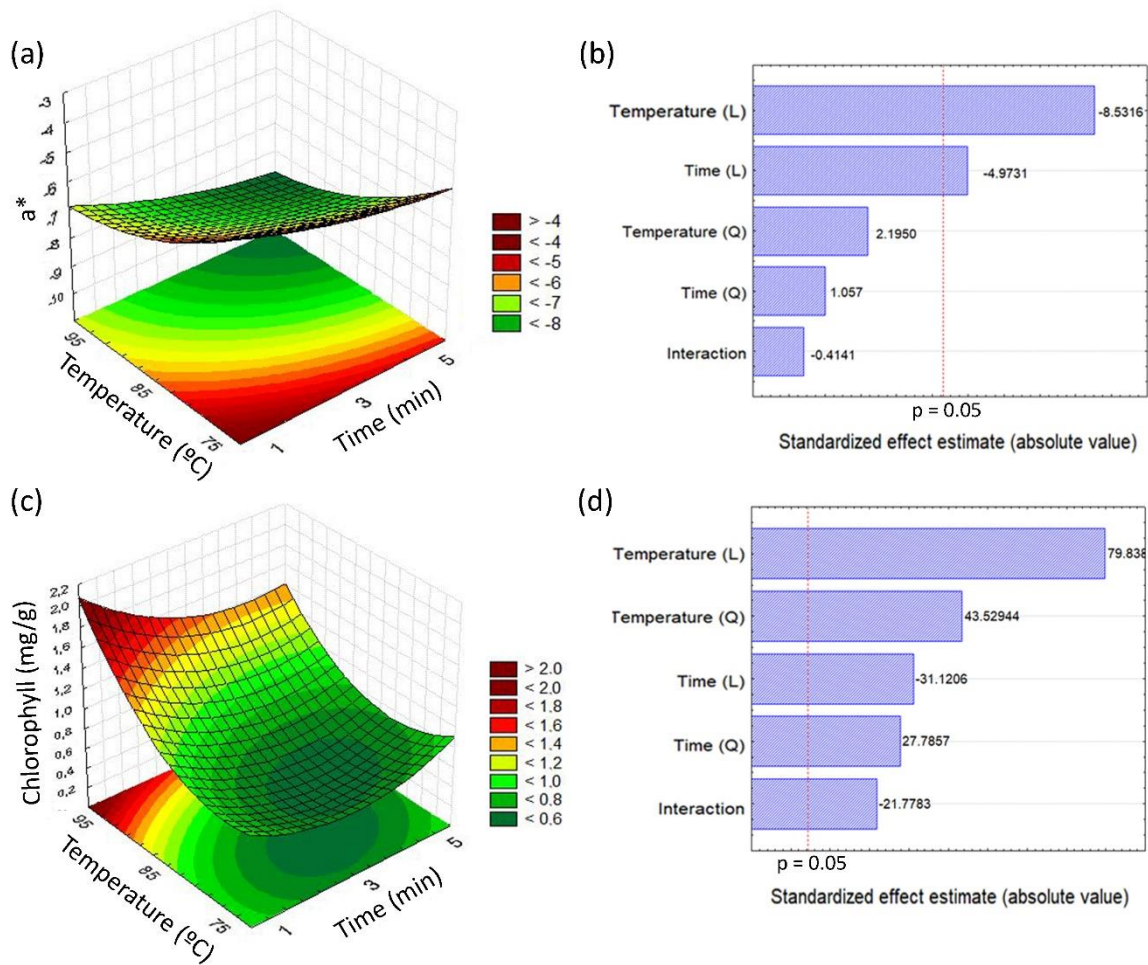


Figure 1. Effect of temperature and exposure time on colorimetric coordinates a^* and chlorophyll of processed yerba-mate. (a) Response surface and contour curves for the colorimetric coordinate a^* as a function of temperature and blanching time and (b) the corresponding Pareto diagram. (c) Response surface and contour curves for chlorophyll as a function of temperature and blanching time and (d) the corresponding Pareto diagram.

Another parameter investigated as a response in the factorial design was the total chlorophyll level. The model generated showed that the total chlorophyll level was maximized ($1.78 \pm 0.03 \text{ mg g}^{-1}$) when the sample was subjected to the conditions defined by a temperature of 95 °C for 1 minute (Figure 1c). The variance analysis allowed us to obtain an r^2 of 0.9546 and a calculated F corresponding to 21.75, resulting in validation of the model shown in Figure 1c ($F_{(5,5)} = 5.05$ adopting 95% as the confidence interval). The response was significantly affected by all independent variables, according to the Pareto analysis represented in Figure 1d.

Figure 2 shows the color of the final product obtained under different experimental conditions. It can be observed that samples located in the same line (same temperature and different exposure times) showed a similar color, while samples located in the same columns (same exposure time and different temperatures) showed different aspects. This result is in accordance with the most pronounced effect of the variable temperature described in the Pareto analysis in Figure 1.

From the results of the response surface methodology, we performed an analysis of PFO and POD activity in yerba-mate samples treated with the most promising conditions able to make

a^* values low and chlorophyll levels high. This effect was obtained by yerba-mate leaves exposed to 95 °C for 1, 3 and 5 minutes. Treating yerba-mate leaves under these conditions yielded residual levels of POD and PFO very similar to yerba-mate subjected to conventional zapeco, which was nearly half of that in *in natura* leaves. The levels of enzymatic activity are shown in Fig. 3.

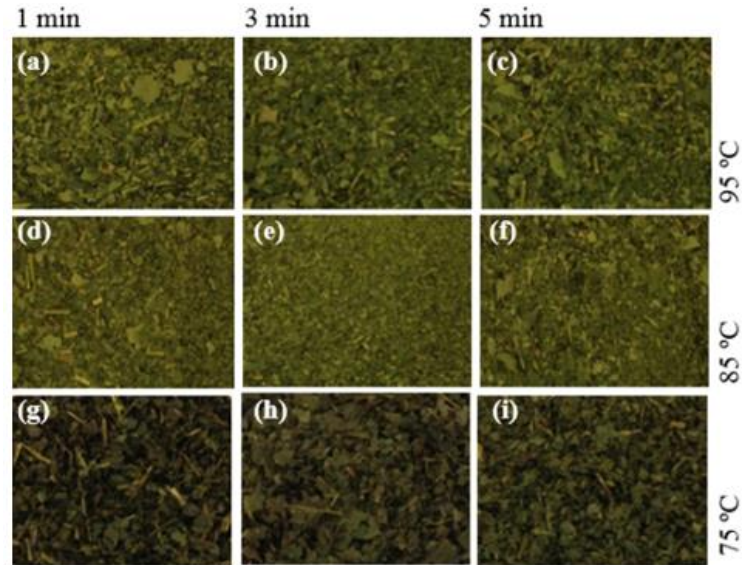


Figure 2. Yerba-mate samples subjected to different bleaching conditions (a–i). Samples in the same line were subjected to the same temperature, and samples in the same column were subjected to the same exposure time to hot water.

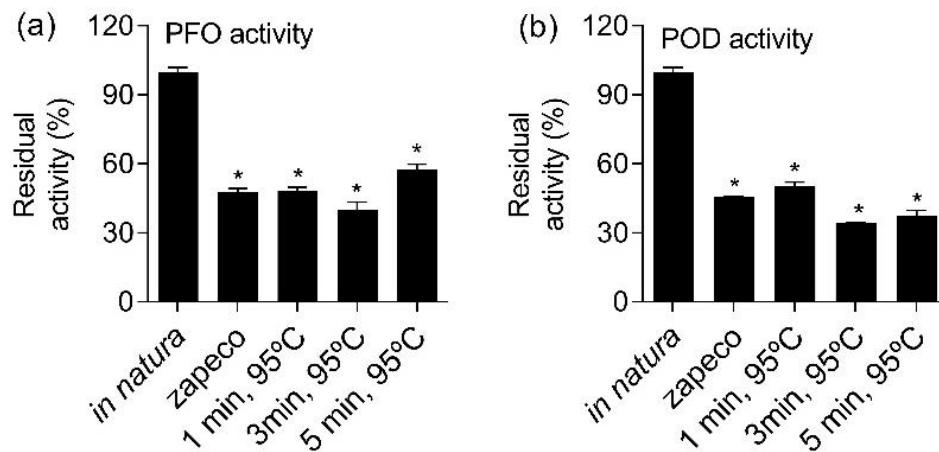


Figure 3. Residual levels of PFO (a) and POD (b) activities in yerba-mate leaves subjected to conventional zapeco and conditions investigated in this work. * $p < 0.0001$ in relation to the control (*in natura*) according to ANOVA followed by a Tukey test.

Conclusion

The condition characterized by sample exposure at 95 °C produced lower chlorophyll degradation and lower coordinate a^* values. The exposure time appears to affect organoleptic aspects to a smaller extent. The experimental conditions also produced enzymatic inactivation similar to that produced by the conventional process. Exposure of yerba-mate leaves to boiling

water for a short period of time allowed us to obtain processed yerba-mate, with a color similar to that produced in conventional processing.

References

- BUTIUK, A. P. et al. Study of the chlorogenic acid content in yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): Effect of plant fraction, processing step and harvesting season. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, v. 3, n. 1, p. 27-33, 2016/03/01/ 2016.
- CENI, G. C. et al. Oxidases from mate tea leaves (*Ilex paraguariensis*): extraction optimization and stability at low and high temperatures. *Bioprocess and biosystems engineering*, v. 31, n. 6, p. 541-550, 2008.
- GARCIA LONDOÑO, V. A.; REYNOSO, M.; RESNIK, S. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in yerba mate (*Ilex paraguariensis*) from the Argentinean market. *Food Additives & Contaminants: Part B*, v. 7, n. 4, p. 247-253, 2014.
- HOLOWATY, S. A. et al. Differences in physicochemical properties of yerba maté (*Ilex paraguariensis*) obtained using traditional and alternative manufacturing methods. *Journal of Food Process Engineering*, v. 41, n. 8, p. e12911, 2018.
- KOCA, N.; KARADENIZ, F.; BURDURLU, H. S. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. *Food Chemistry*, v. 100, n. 2, p. 609-615, 2007.
- LEWINSKI, C. S. et al. Effects of UV light on the physic-chemical properties of yerba-mate. *Nutrition & Food Science*, v. 45, n. 2, p. 221-228, 2015. ISSN 0034-6659.
- MOORTHY, B.; CHU, C.; CARLIN, D. J. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: From Metabolism to Lung Cancer. *Toxicological Sciences*, v. 145, n. 1, p. 5-15, 2015.
- MORAN, R. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N, N-dimethylformamide. *Plant Physiology*, v. 69, n. 6, p. 1376-1381, 1982.
- NABECHIMA, G. H. et al. Thermal inactivation of peroxidase and polyphenoloxidase enzymes in mate leaves (*Ilex paraguariensis*) in a conveyor belt oven. *CyTA-Journal of Food*, v. 12, n. 4, p. 399-406, 2014. ISSN 1947-6337.
- ORANUBA, E. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons as a potential source of carcinogenicity of mate. *Journal of Environmental Science and Health Part C Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews*, v. 37, n. 1, p. 26-41, 2019.
- PRIMO, M. et al. Effects of compressed carbon dioxide treatment on the specificity of oxidase enzymatic complexes from mate tea leaves. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 43, n. 2, p. 283-290, 2007.
- VALDUGA, A. T.; FINZER, J. R. D.; MOSELE, S. H. *Processamento de erva-mate*. EdiFAPES, 2003.
- VALDUGA, A. T. et al. Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. *Food Research International*, v. 120, p. 478-503, 2019/06/01/ 2019. ISSN 0963-9969.
- WHITAKER, J. R.; VORAGEN, A. G.; WONG, D. W. *Handbook of food enzymology*. Marcel Dekker, 2003. ISBN 0824706862.
- ZAIONS, I. et al. Physico-chemical characterization of *Ilex paraguariensis* St. Hil. during the maturation Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 57, p. 663-667, 2014. ISSN 1516-8913.

Influencia del diámetro y la longitud en el secado de palos cortados de yeba mate

Martínez, Giselle¹; Schild, Kevin²; Holowaty, Santiago A.³; Schmalko, Miguel E.⁴

¹Ingeniera Química. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

²Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

³Doctor en Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Misiones, Argentina,
saholowaty@gmail.com

⁴Doctor en Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Misiones, Argentina,
mesh@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen: Se han utilizado diferentes estrategias para mejorar la eficiencia energética del secado de la yerba mate, entre las que se pueden citar la aplicación de tiempos de reposo, la separación de hojas de los palos, el picado de las ramas, etc. Para realizar el picado de las ramas y mejorar la velocidad de secado, se tendría que encontrar una longitud a partir de la cual, se produzca una reducción significativa del tiempo de secado. En este trabajo, se estudió la influencia que tienen la longitud y diámetro del palo en la velocidad de secado, determinando como parámetro de comparación el coeficiente de difusión de humedad. Las experiencias se llevaron a cabo en un secadero a escala piloto por duplicado. Se seleccionaron 3 diámetros de palo (2,5; 5,0 y 7,5 mm) y tres longitudes (2,5; 5,0 y 7,5 cm). Se selló la cara lateral del palo para evitar la pérdida de humedad radial). La temperatura de trabajo fue de 80 °C. El coeficiente de difusión se determinó utilizando la ecuación integrada de la Segunda Ley de Fick. Al graficar las curvas de contenido de humedad en función del tiempo, se encontró que la velocidad de secado era mayor cuando la longitud era menor, como era de esperar. Al determinar los coeficientes de difusión, se encontró que los mismos tenían un valor medio de 0,0174 cm²/min. Al realizar un análisis de varianza, se encontró que el coeficiente de difusión dependía de la longitud del palo, pero no de su diámetro. Los valores medios encontrados fueron: 0,0056 +/- 0,0011 cm²/min (para 2,5 cm), 0,0152 +/- 0,0019 cm²/min (para 5,0 cm) y 0,0315 +/- 0,0058 cm²/min (para 7,5 cm). Esta variación se debe probablemente a los diferentes gradientes de humedad que tienen los palos de diferentes longitudes al secarse, ya que esto puede producir diferentes contracciones del palo y que el contenido de humedad influye en gran medida sobre el coeficiente de difusión. De acuerdo a esto, se debería realizar un análisis de los datos de secado considerando la dependencia del coeficiente de difusión con la humedad

Palabras clave: Yerba mate. Optimización. Secado. Modificaciones físicas.

Introducción

En el procesamiento de la Yerba Mate, la etapa de secado es la que requiere el mayor consumo de energía. Tradicionalmente, los secaderos procesan ramas enteras de yerba mate, con longitudes que varían entre 30 y 60 cm. Debido a que las hojas tienen una relación superficie/peso mayor que el palo, las mismas pierden gran parte de su humedad en las primeras etapas del secado (Schmalko et al., 2007). Por lo tanto, los palos son los que controlan el tiempo de residencia necesario para eliminar la humedad hasta alcanzar los niveles requeridos. Su velocidad de secado depende, entre otros factores, de su diámetro. Estos, a su vez, pueden alcanzar valores de hasta 20 mm. En el secado de las ramas enteras, toda la pérdida de humedad tiene lugar en la dirección radial, por este motivo, influye en gran medida el diámetro de los palos.

Se han investigado diferentes alternativas para reducir el consumo de energía en el secado. Una de ellas, fue la aplicación de tiempos de reposo durante el mismo. Esto permitiría la

redistribución de la humedad interna con la que se aumentaría la velocidad de secado al reiniciar la aplicación de calor (Holowaty et al., 2012). Otras estrategias que utilizan los establecimientos yerbateros son la separación de las hojas de los palos para reducir la carga de secado y el corte o picado de las ramas, con el objetivo de aumentar las pérdidas de humedad en la dirección axial.

Existe una gran diferencia entre los coeficientes de difusión de la humedad entre las direcciones radiales y axiales del palo de yerba mate. El coeficiente de difusión es una medida de la velocidad con que el agua se desplaza desde el centro de un sólido hacia el exterior. A 80 °C el coeficiente de difusión de humedad en los palos de yerba mate en la dirección axial es de $1,50 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$; mientras que en la dirección radial es de aproximadamente $5,92 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ (Schmalko et al., 1996). Por este motivo, la velocidad con que se desplaza la humedad en dirección axial es unas 250 veces mayor que en la velocidad radial. De acuerdo con esto, el cortado o picado de las ramas, favorecería la pérdida de humedad en los palos.

Se han realizado estudios para determinar el coeficiente de difusión radiales de humedad para diferentes diámetros de palos, pero no se conocen estudios en los que se determinaron los coeficientes de difusión axiales en los diferentes diámetros.

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar las cinéticas de secado de palos cortados, sus coeficientes de difusión y su dependencia con el diámetro y la longitud de los palos.

Materiales y métodos

Se obtuvieron muestras a la salida del zapecador de un establecimiento industrial de la Provincia de Corrientes. Se separaron las hojas de los palos y se clasificaron las muestras de acuerdo con el tamaño de su diámetro establecido en el diseño experimental. Las mismas fueron pintadas con pintura aislante látex y una vez que la pintura estaba seca, se cortaron en diferentes longitudes dadas en el diseño experimental de la Tabla 1.

Tabla 1. Longitudes y diámetros seleccionados

Longitud [cm]	2,5	5	7,5	2,5	5	7,5	2,5	5	7,5
Diámetro [mm]	2,5			5			7,5		

La experiencia se desarrolló en un secadero de planta piloto, el cual opera con un ventilador de recirculación regulable (Figura 1). Se utilizó flujo paralelo de aire a una velocidad de 1,5 m/s aproximadamente y a una temperatura de 80°C.

Las muestras fueron colocadas en una canasta y se realizaron pesadas a diferentes tiempos. Una vez finalizada la experiencia, se realizó la determinación del contenido de humedad de la muestra. Con estos valores, se obtuvieron los pesos secos de los palos. A su vez, con los pesos variables en los diferentes tiempos, se calcularon los diferentes valores de contenidos de humedad. Las experiencias se realizaron por duplicado para cada uno de los diámetros y longitudes.

Para determinar el Contenido de Humedad, se empleó la metodología dada en la Norma IRAM 20503 (1995).



Figura 1. Secadero de Planta Piloto

Para determinar el valor del coeficiente de difusión, se utilizó la ecuación integrada de la Segunda Ley de Fick (Ecuación 1).

$$\ln \left[\frac{X - X_e}{X_o - X_e} \right] = \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) - \frac{\pi^2 D}{(2d)^2} t \quad (1)$$

Donde:

X, es el contenido de humedad, X_o es el contenido inicial de humedad y X_e es el contenido de humedad de equilibrio, que, en este caso, se desprecia (todas están expresadas en % base seca)

D es el coeficiente de Difusión de Humedad o Difusividad en cm²/min

d es la longitud del palo/2 en cm, y

t es el tiempo de secado en min

El valor del coeficiente de difusión se calculó utilizando un análisis de regresión lineal. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics-Centurion (2009).

Las gráficas de secado se obtuvieron graficando el valor de MR=X/X_o en función del tiempo.

Resultados y Discusión

En la Figura 2, se puede observar las gráficas de pérdida de humedad en función del tiempo para un diámetro en particular (D=2,5 mm).

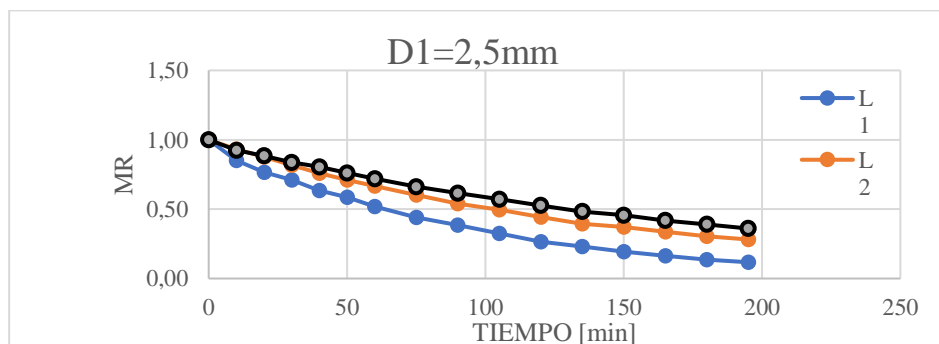


Figura 2. Gráfico de pérdida de humedad (MR=X/X_o) en función del tiempo en minutos

Como era de esperar, las pérdidas de humedad son mayores en los palos de menor longitud. Las curvas para los otros diámetros fueron similares, aunque la diferencia entre ellas fue menor.

Los valores de coeficiente de difusión, obtenidos aplicando la Ecuación 1, se pueden observar en la Tabla 2, para los diferentes diámetros y longitudes. El valor medio del coeficiente de

difusión fue de 0,0174 cm²/min. Este valor no difiere de los obtenidos por Schmalko et al. (1996) para longitudes menores que las utilizadas en este trabajo.

Al realizar un análisis de varianza considerando todos los valores de la Tabla 2, se encontró que el coeficiente de difusión depende de la longitud (P<0,0001) pero no del diámetro (P<0,4202). En el análisis, se descartó el término de interacción por ser no significativo (P<0,2557). Al realizar un análisis de valores medios totales, se encontró que el valor del coeficiente de difusión aumenta con la longitud del palo (Fig. 3). Esto puede deberse a que el diferente gradiente de humedad en las diferentes longitudes puede producir la contracción en los palos más pequeños y por lo tanto una menor área de transferencia reduciría la velocidad de transferencia de humedad (Schmalko and Alzamora., 2005a). Otra causa podría ser que, al mantenerse por más tiempo, más elevados los contenidos de humedad, se tienen coeficientes de difusión superiores, ya que en general estos aumentan con el contenido de humedad. Este comportamiento (aumento del coeficiente de difusión con el contenido de humedad) se encontró en el coeficiente de difusión radial en yerba mate (Schmalko y Alzamora, 2005b) y en otros productos alimenticios.

Tabla 2. Coeficientes de difusión en cm²/min para las diferentes Longitudes (L, en cm) y Diámetros (D, en mm).

	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	D1 (cm ² /min)	D2 (cm ² /min)
L1	2,5	2,5	0,0073	0,0064
	2,5	5	0,0052	0,0053
	2,5	7,5	0,0045	0,0047
L2	5	2,5	0,0181	0,0152
	5	5	0,0130	0,0140
	5	7,5	0,0147	0,0160
L3	7,5	2,5	0,0238	0,0362
	7,5	5	0,0360	0,0338
	7,5	7,5	0,0338	0,0253

Como se mencionó anteriormente, no se encontró dependencia del coeficiente de difusión con el diámetro. Esto significa que la diferentes estructuras que tienen las edades de los palos no influye em forma significativa sobre el coeficiente de difusión.

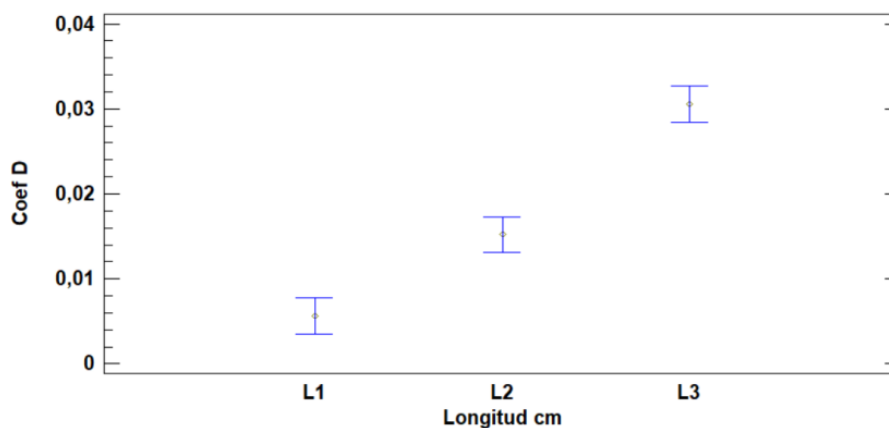


Figura 3. Valores medios de coeficiente de difusión (cm²/s) y sus límites de confianza al 95% en función de la longitud de los palos.

Conclusiones

Al estudiar las curvas de cinética de secado, a 80°C, de palos de yerba mate cortados y aislados lateralmente, se encontró que las mismas dependían, como era de esperar, de sus longitudes.

Al determinar los coeficientes de difusión, se encontró que los mismos no dependía del diámetro, pero sí de su longitud. Esto probablemente se debe a los diferentes gradientes de humedad que tienen los palos de diferentes longitudes, ya que esto puede producir diferentes contracciones del palo y que el contenido de humedad influye en gran medida sobre el coeficiente de difusión. De acuerdo con esto, se debería realizar un análisis de los datos de secado considerando la dependencia del coeficiente de difusión con la humedad.

Referencias Bibliográficas

- HOLOWATY, S.A.; RAMALLO, L.A.; SCHMALKO, M.E. Intermittent Drying Simulation in a Deep Bed Dryer of Yerba Maté. *Journal of Food Engineering*, vol. 111, p. 110–114, 2012
- IRAM 20503. Instituto de Racionalización de Materiales; Yerba Mate: Determinación de Pérdida de Masa a 103 °C, 1995.
- SCHMALKO, M.E., RAMALLO, L.A. y MORAWICKI, R.O. A comparison of the diffusion model and the response surface method (RSM) in estimating the drying time of *Ilex paraguariensis*. *Latin American Applied Research* 26, 215-220, 1996.
- SCHMALKO, M.E. and ALZAMORA, S.M. Modeling The drying of a twig of “yerba mate” considering a composite material. Part I. Shrinkage, apparent density and equilibrium moisture content. *Journal of Food Engineering* 66, 454-461. 2005a.
- SCHMALKO, M.E. and ALZAMORA, S.M. Modeling The drying of a twig of “yerba mate” considering a composite material. Part II. Mathematical model. *Journal of Food Engineering* 67, 267-274. 2005b.
- SCHMALKO, M.E.; PERALTA, J.M.; ALZAMORA, S.M. Modelling the drying of a deep bed of *Ilex Paraguariensis* in an industrial belt conveyor dryer. *Drying Technology*, vol. 25, p. 1967-1975, 2007
- STATGRAPHICS CENTURION XV. Statpoint Technologies, Inc. Warrenton VA, USA, 2009.

Encapsulación de antioxidantes del concentrado de yerba mate: Alternativa como ingrediente funcional

Hermosilla Vera, José O.^{1,2}; Schmalko, Miguel E.²

¹Facultad de Ciencias y Tecnología (FaCyT). Universidad Nacional de Itapúa (UNI). Abog. Lorenzo Zacarías N°255 c/ Ruta N°1. Encarnación, Itapúa, Paraguay, josehermosilla@cyt.uni.edu.py

²Laboratorio de Yerba Mate. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN). Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Ruta Nacional N°12, Km 7,5. Posadas, Misiones, Argentina, mesh@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue encapsular los antioxidantes del concentrado de yerba mate en matrices de alginato de calcio utilizando la técnica de gelificación iónica, las cápsulas obtenidas fueron sometida a dos sistemas de secado en microondas y secado convectivo con aire a dos temperaturas 60 y 80 °C. Se encontró que, en ambas condiciones de secado, las cápsulas presentaron un comportamiento similar con una alta velocidad de secado inicial seguido por una etapa más lenta, para llegar finalmente a un tiempo donde las variaciones del contenido de humedad son muy bajas. En el caso del secado en microondas el contenido de humedad permaneció constante a partir de los 100 minutos, mientras que, para el secado convectivo a 60°C, a los 135 minutos y 80 minutos para el secado convectivo a 80°C, a las cápsulas secas se le determinaron isothermas de absorción, polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de calcio. Las isothermas de adsorción obtenidas fueron del tipo sigmoidal y la ecuación de GAB fue la que mejor explicó el comportamiento de los datos experimentales, no encontrándose diferencias estadísticas significativas entre los materiales. Los contenidos de polifenoles totales (CPT) y capacidad antioxidante (CAO) presentaron valores entre 20,12 y 19,68g EAG/100g ms (masa seca) para CPT, y para la CAO entre 20,47 y 19,45g EAA/100g ms, no presentándose diferencias estadísticas significativas. Se encontró que el consumo de 5 g de cápsulas aportaría 41% del requerimiento diario de calcio.

Palabras clave: Gelificación iónica. Encapsulación. Secado. Cápsulas.

Introducción

En la actualidad la alimentación humana ha generado cambios en el estilo de vida y hábitos alimentarios. La elección racional de alimentos se basa no sólo en satisfacer el hambre y proporcionar los nutrientes necesarios, sino también en prevenir las enfermedades relacionadas con la nutrición y mejorar el bienestar físico y mental. Los alimentos denominados funcionales constituyen un mercado en alza, siendo uno de los temas más estudiados en los últimos años (Falguera et al., 2012). La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire), es considerada una fuente rica de antioxidantes. Se han encontrado una gran variedad de compuestos que aportan beneficios para la salud, lo que la hace un material ideal para la extracción de compuestos activos y su posterior aplicación como ingrediente funcional (Deladino et al., 2008; López et al., 2012).

En sistemas alimentarios, el extracto de yerba mate ha demostrado capacidad de prevenir el deterioro oxidativo de productos con alto contenido graso, mostrando un elevado poder antioxidante incluso en bajas concentraciones (de Campos et al., 2007; Valerga et al., 2012). Sin embargo, su sabor característico limita su incorporación a otros alimentos debido a que puede generar rechazo por parte de los consumidores por modificación del sabor. Los compuestos fenólicos son los de mayor influencia en la capacidad antioxidante del extracto de yerba mate (Butiuk et al., 2016). Las principales clases de ácidos clorogénicos hallados en la

naturaleza son los ácidos cafeoilquínicos (CQA), ácidos dicafeoilquínicos (diCQA), y los menos comunes los ácidos feruloilquínicos (FQAs).

El interés en el empleo de yerba mate es aprovechar sus propiedades antioxidantes para el desarrollo de un ingrediente funcional que pueda dar lugar a distintos efectos fisiológicos beneficiosos para el organismo humano, y dar respuestas a las expectativas de los consumidores. En el presente trabajo se propone encapsular los antioxidantes a partir del extracto de yerba mate, en matrices de alginato de calcio facilitando la manipulación, conservación y agregado a otros alimentos y de esta manera poder superar los inconvenientes de inestabilidad, disminuir el gusto desagradable y la vida útil del compuesto (Fang & Bhandari, 2010; Munin & Edwards-Lévy, 2011).

El secado es uno de los métodos más utilizados en la conservación de alimentos, ya que, al reducir la actividad del agua, se evita el crecimiento de microorganismos. El método de secado más utilizado es el secado convectivo. El mismo se aplica al secado de alimentos utilizando aire a temperaturas bajas y moderadas (menores a 100°C).

El objetivo de este trabajo fue encapsular el concentrado de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) en matrices de alginato de calcio con contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, siendo una alternativa para su uso como ingrediente funcional.

Materiales y Métodos

Preparación de las cápsulas

Para la obtención de las cápsulas se preparó un extracto acuoso de yerba mate soluble (adquirida del mercado local) al 15% p/v y se mezcló con alginato de sodio al 2% p/v. Las cápsulas se obtuvieron mediante gelificación iónica (López et al., 2012)

Cinética de secado

Para determinar la cinética, las cápsulas fueron secadas en microondas y secado convectivo con aire a 60 y 80°C. Para la primera se utilizó una potencia 90 watts, pesando cada 5 minutos hasta peso constante. Para el secado convectivo se utilizó una canastilla de alambre en la cual se colocó las cápsulas. Los datos experimentales se obtuvieron durante el transcurso del secado, pesando las muestras en una balanza marca SARTORIUS–WELKE GMBH tipo 2257, industria alemana, a intervalos de 15 minutos para 60°C y 10 minutos para 80°C hasta peso aproximadamente constante.

Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad se utilizó el método de pérdida de masa.

Isotermas de adsorción

Para determinar las isotermas de adsorción se utilizó el método estático. Los recipientes se dispusieron en una estufa a 25°C ± 1°C, donde permanecieron hasta alcanzar el equilibrio (15 días). Los datos experimentales de contenido de humedad y a_w se ajustaron a las ecuaciones de GAB (Guggenheim, Anderson y de Boer), Halsey y Henderson. La calidad del ajuste de los modelos propuestos se evaluó por medio del coeficiente de correlación lineal (R²). Se utilizó el programa Statgraphics Centurión XVII.

Determinación del contenido de polifenoles totales (PT) y capacidad antioxidante

El contenido de PT fue determinado mediante el método de Folin Ciocalteu, mientras que la capacidad antioxidante se determinó mediante el ensayo del radical libre DPPH (Thea, Ana Eugenia; Bohaczenko, Erika Alejandra; Schmalko, 2012).

Determinación del contenido de calcio

Para medir la concentración iónica de Ca, se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica (Marca Analyst 200, Perkin Elmer) y se trabajó a una longitud de onda de 422.7nm (Schmalko et al., 2012).

Resultados y Discusión

Obtención de las cápsulas

Se obtuvieron las cápsulas de alginato de calcio conteniendo extracto de yerba mate, aplicando la técnica de gelificación iónica. El tamaño de las cápsulas obtenidas fue poco uniforme, debido a que en el mismo influyen varios factores como el efecto de la gravedad, la tensión superficial de la solución que induce la gelificación. Las cápsulas presentaron pequeños poros en las superficies. De acuerdo con otros trabajos realizados, las cápsulas hechas con alginatos presentan un rango de porosidad comprendida entre 5 a 200 nm.

El mismo es un factor importante en la determinación de la liberación del componente bioactivo. La porosidad se puede reducir de manera significativa por secado parcial de las cápsulas o deshidratación completa (Fundueanu et al., 1999; George & Abraham, 2006).

Cinética de secado

Los valores experimentales del contenido de pérdida de humedad a diferentes tiempos se pueden observar en la Figura 1.

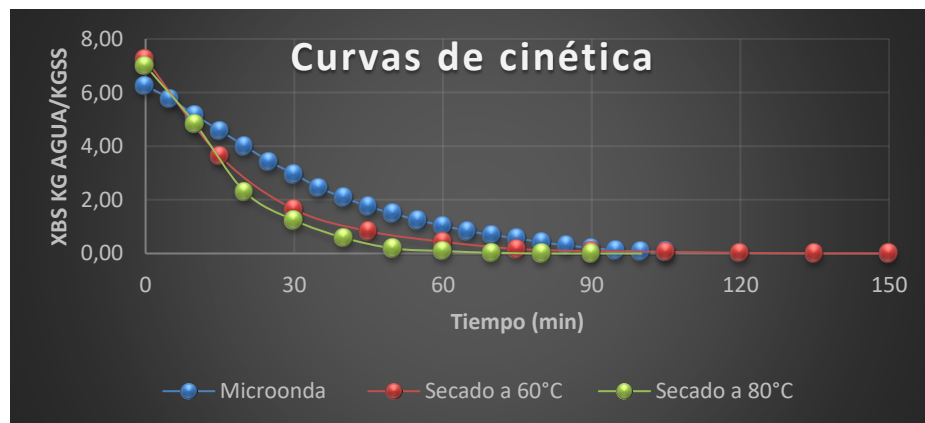


Figura 1. Curvas de cinética de secado de las tres condiciones.

Las cápsulas presentaron un comportamiento similar. Se encontró que para el secado en microonda la humedad permanece constante a partir de los 100 minutos. Para el secado convectivo a 60°C, a los 135 minutos, mientras que para la temperatura a 80°C necesita 80 minutos. En un estudio realizado por Doymaz (Doymaz, 2005), se encontró que el efecto de la temperatura fue el más relevante en la disminución del contenido de humedad.

De acuerdo con la teoría de la cinética, el aumento de la energía de las moléculas de agua es mayor con la temperatura del aire, generando un escape del vapor de agua de manera fácil y rápida hacia el medio (Rodríguez, 2014). En lo que respecta a la cinética en microondas la temperatura de secado y la potencia son dos de los factores más importantes. Estos dos factores tienen influencia significativa sobre los parámetros de secado como así también con el tiempo de secado (Correa Cuevas, Laura Paloma. Hernández Baltazar, 2012).

Isotermas de adsorción

En la figura 2 se presentan las curvas de las isothermas de adsorción a 25°C de los materiales estudiados. En todos los casos fueron del tipo II, sigmoideas según lo establecido por la clasificación de Brunauer (Stephen Brunauer, Deming, 1940). De las curvas de las isothermas se obtuvieron los valores de humedad a las que se pueden almacenar las cápsulas para que sean microbiológicamente estables para un valor de a_w 0,6 encontrándose valores de 11,66 kg agua/kg ss (sólido seco), para secado en microonda, 10,36 kg agua/kg ss para secado convectivo a 60°C y 12,45 kg agua/ kg ss para 80°C. En todos los casos el contenido de humedad debe ser inferior a estos valores para almacenar en condiciones seguras.

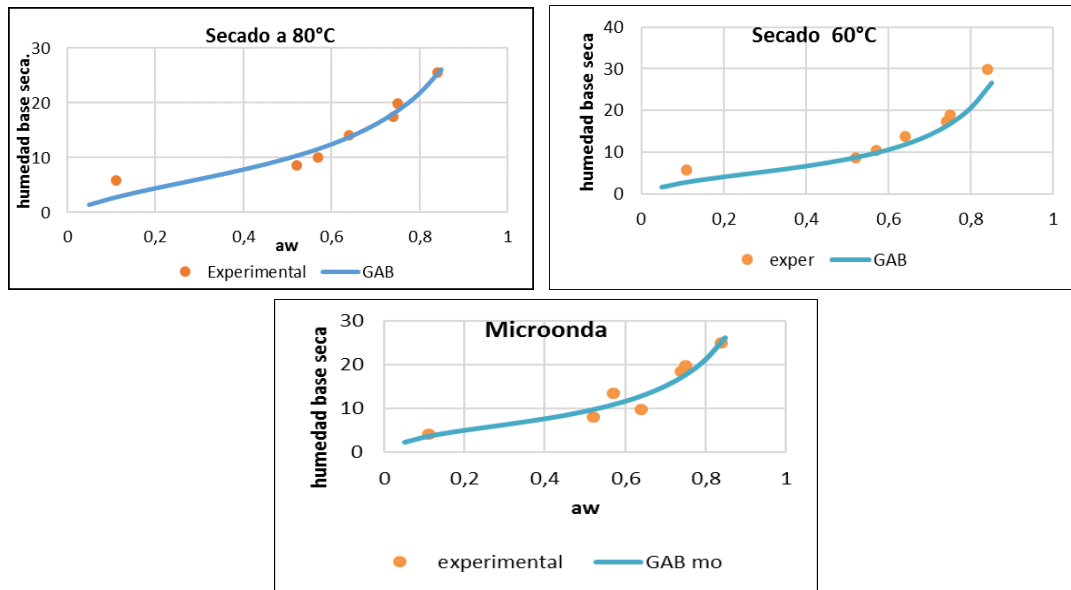


Figura 2. Curvas de las isothermas de adsorción a 25°C

Se encontró que el modelo de GAB mostró el mejor ajuste a los datos experimentales, con mayores coeficientes de determinación para todos los tratamientos analizadas, en un rango de $0,11 < a_w < 0,85$, aplicando un procedimiento de regresión no lineal. En todos los casos se obtuvo un ajuste con $R^2 \geq 91\%$.

Contenido de polifenoles, capacidad antioxidante y contenido de calcio.

Los resultados de contenidos de polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de calcio a los dos procesos de secado se presentan en la Tabla 1.

Al realizar un análisis estadístico se encuentra que el tipo de secado no ejerce una influencia significativa sobre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de las cápsulas.

Tabla 1. Valores de polifenoles totales, capacidad antioxidante, calcio con sus desvíos estándar.

Tratamiento	CPT	CAO	Ca (mg/gss)
Microonda	19,68 ± 0,81	19,45 ± 0,80	130±19.6
Secado convectivo a 60°C	19,93± 0,19	21,93 ± 0,48	110±19.6
Secado convectivo a 80°C	20,12 ± 0,46	20,47 ± 0,67	87±19.6

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Escalada et al., 2011. En la tabla 1 se puede observar una buena relación entre la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles, por lo que las cápsulas serian una importante fuente de antioxidantes. En cuanto al contenido de

calcio este mineral no se ve influenciado por la temperatura. Se calculó el promedio de los datos obteniendo un valor de 109 mg/g, por lo que el consumo de 5g de estas cápsulas aportaría el 41% de dosis diaria requerida de este mineral (1300 mg/día) (Cabo Masip et al., 2008)

Conclusiones

Se logró encapsular el extracto de yerba mate en una matriz de alginato de calcio. En las curvas de cinética de las cápsulas se observó que, en el secado convectivo influyó la temperatura, mientras que el tiempo final de secado en microondas fue intermedio al de las dos temperaturas de secado convectivo. Las isotermas de adsorción presentaron formas sigmoideas y el modelo de GAB mostró el mejor ajuste en el modelado de los datos experimentales, se encontró una buena relación entre los contenidos de polifenoles y capacidad antioxidante. La presente investigación permitió obtener encapsulados de extracto de yerba mate por gelificación iónica, ofreciendo así una alternativa que podría proporcionar ventajas para la preservación de sustancias susceptibles a la oxidación y contribuir como ingrediente funcional con aporte de compuestos bioactivos.

Referencias Bibliográficas

- BUTIUK, A. P., MARTOS, M. A., ADACHI, O., & HOURS, R. A. (2016). Study of the chlorogenic acid content in yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): Effect of plant fraction, processing step and harvesting season. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(1), 27–33.
- CABO MASIP, T., ALENTADO MORELL, N., & DALMAU SERRA, J. (2008). Nuevas recomendaciones diarias de ingesta de calcio y vitamina D: Prevención del raquitismo nutricional. *Acta Pediatrica Espanola*, 66(5), 233–236.
- CORREA CUEVAS, LAURA PALOMA. HERNÁNDEZ BALTAZAR, E. (2012). El uso de las microondas en la industria farmacéutica. *Revista Mexicana de Ciencias Forestal*, 13(2), 112.
- DE CAMPOS, R. M. L., HIERRO, E., ORDÓÑEZ, J. A., BERTOL, T. M., TERRA, N. N., & DE LA HOZ, L. (2007). Fatty acid and volatile compounds from salami manufactured with yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract and pork back fat and meat from pigs fed on diets with partial replacement of maize with rice bran. *Food Chemistry*, 103(4), 1159–1167.
- DELADINO, L., ANBINDER, P. S., NAVARRO, A. S., & MARTINO, M. N. (2008). Encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers*, 71(1), 126–134.
- DOYMAZ, I. (2005). Drying characteristics and kinetics of okra. *Journal of Food Engineering*, 69(3), 275–279.
- ESCALADA, G., BRUMOVSKY, L. A., & HARTWIG, V. G. (2011). Influencia de la zona de cultivo y procesamiento de la yerba mate sobre su contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante. *Ciencia y Tecnología*, 66–74.
- FALGUERA, V., ALIGUER, N., & FALGUERA, M. (2012). An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products? *Food Control*, 26(2), 274–281.
- FANG, Z., & BHANDARI, B. (2010). Encapsulation of polyphenols - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 510–523.
- FUNDUEANU, G., NASTRUZZI, C., CARPOV, A., DESBRIERES, J., & RINAUDO, M. (1999). Physico-chemical characterization of Ca-alginate microparticles produced with different methods. *Biomaterials*, 20(15), 1427–1435.

- GEORGE, M., & ABRAHAM, T. E. (2006). Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan - a review. *Journal of Controlled Release*, 114(1), 1–14.
- LÓPEZ, A. F., DELADINO, L., NAVARRO, A. S., & MARTINO, M. N. (2012). Encapsulación de compuestos bioactivos con alginatos para la industria de alimentos. *Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 10(1), 18–27.
- MUNIN, A., & EDWARDS-LÉVY, F. (2011). Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review. *Pharmaceutics*, 3(4), 793–829.
- RODRIGUEZ, A. (2014). Ósmosis Directa-Microondas Y Secado Convectivo Por Aire Caliente- Microondas) Para La Deshidratación De Frutos Del Bosque. Universidad Nacional de La Plata.
- SCHMALKO, M. E., ACUÑA, M. G., & SCIPIONI, G. P. (2012). The Use of Maltodextrin Matrices to Control the Release of Minerals from Fortified Mate. 1(March), 17–25.
- STEPHEN BRUNAUER, L. S. DEMING, W. E. D. A. E. T. (1940). On a Theory of the van der Waals Adsorption of Gases. 62(6), 1723.
- THEA, ANA EUGENIA; BOHACZENKO, ERIKA ALEJANDRA; SCHMALKO, M. E. (2012). VARIACIÓN del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la yerba mate según diferentes tipos de estacionamiento. 1–6.
- VALERGA, J., RETA, M., & CECILIA, M. (2012). LWT - Food Science and Technology Polyphenol input to the antioxidant activity of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 45(1), 28–35.

Cinética de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de las hojas de yerba mate: Aplicación de un modelo de absorción

López, Gabriela Gisela^{1,2,*}; Brousse, María Marcela¹; Cruz, Nancy Elizabeth¹; Linares, Andrés Ramón¹

¹Profesor/Investigador de FCEQyN-UNaM. Félix De Azara 1552 CPA: N3300LQH: Posadas Misiones, Argentina, *g.gabriela.l@gmail.com

²Becario CONICET.

Resumen: En este artículo, analizamos la cinética de extracción asistida por ultrasonido (EAU) en la extracción de compuestos fenólicos totales (CPT) de hojas de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). El objetivo de este trabajo fue modelar el proceso de extracción de CPT con un modelo cinético de absorción, con el fin de evaluar la influencia de la intensidad de amplitud EAU y la proporción de hojas de yerba mate en la concentración de equilibrio. El proceso de extracción de CPT se realizó a 25, 50, 75 y 100% de amplitud de potencia, a 40°C, a 20, 25 y 30 g de hojas en 200 ml de un solvente hidroalcohólico al 50%, en el rango de 2 y 40 minutos. Los datos experimentales se ajustaron adecuadamente mediante el modelo de absorción ($R^2 > 0,98$; $EP < 10\%$; $RMSE < 0,11$). La concentración máxima de CPT demostró el efecto sinérgico de la amplitud de potencia y las mayores proporciones de hojas de yerba mate (12,3 g EAG % ms). Este trabajo brindaría información sobre los parámetros que involucran la producción industrial de CPT.

Palabras clave: Extracción asistida por ultrasonido. Compuestos fenólicos. Modelo de absorción. *Ilex paraguariensis* St. Hil. Solvente hidroalcohólico.

Introducción

El *Ilex paraguariensis* A. Saint Hilaire (“mate”, “erva-mate” o “yerba mate”) es una planta comercialmente relevante para la región subtropical de América del Sur. Crece de forma natural y también se cultiva en Brasil, Argentina, Paraguay y en regiones aisladas de Uruguay. Las partes aéreas de la planta de yerba mate principalmente sus hojas se utilizan para preparar extractos concentrados que se utilizan en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Butiuk et al., 2021). Las propiedades biológicas de sus compuestos orgánicos bioactivos tales como metilxantinas, flavonoides, saponinas triterpénicas, minerales y especialmente los compuestos fenólicos (CPT) son bien conocidas (Heck & De Mejia, 2007). Los CPT son los compuestos funcionales más abundantes en la yerba mate, principalmente los derivados del cafeoil (ácidos 3,5-dicafeoilquínico, 4,5-dicafeoilquínico, 3,4-dicafeoilquínico y clorogénico) y flavonoides (rutina, quercetina, kaempferol y luteolina) (Heck & De Mejia, 2007). Entre sus propiedades biológicas conocidas se incluye sus propiedades antioxidantes (Heck & de Mejia, 2007; Mesquita et al., 2021) actividad quimiopreventiva (Ramirez-Mares et al., 2004) y de protección contra la peroxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (da Silva et al., 2008). De esta serie de funcionalidades se desprende el interés en la extracción de estos compuestos para su uso en farmacéutica y alimentación. La extracción asistida por ultrasonido (EAU) es una técnica que actualmente es utilizada para obtener componentes bioactivos a partir de extractos vegetales. Los principales beneficios son la alteración de la pared celulares, la reducción del tamaño de partículas y el aumento de transferencia de masa en un tiempo más corto debido a la hidratación y colapso de las burbujas de cavitación (Jacques et al., 2007). Desde el punto de vista tecnológico, las variables relevantes son el tiempo, la proporción de sólido y la intensidad de sonicación (Roselló-Soto et al., 2015).

Para comprender el mecanismo de extracción, se utilizan modelos matemáticos. Los modelos facilitan el diseño y el control de procesos, contribuyendo a reducir los costos de energía, materias primas, solventes y tiempos de procesamiento (Kotovicz & Zanoelo, 2013). Si bien los estudios previos coinciden con una mayor recuperación de CPT por parte de los EAU (Both et al., 2014) los estudios cinéticos que analizan los mecanismos involucrados todavía son limitados. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la cinética de extracción EAU mediante un modelo matemático de absorción, con el fin de estudiar los parámetros que afectan al proceso de extracción industrial de CPT.

Materiales y Métodos

Preparación de las Muestras

Para los ensayos se utilizó yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cosecha 2015 del Establecimiento las Marías, Corrientes (Argentina). La fracción de hoja gruesa fue previamente secada y molida en un molidor de cuchillas a escala laboratorio, retenida entre tamices con orificios de 1 mm y 40 mm de diámetro.

Reactivos y disolventes

Los reactivos utilizados fueron: Folin Ciocalteu (Merck, Darmstadt, Alemania), ácido gálico (98% p / p) (Sigma-Aldrich, St Louis, MO USA), carbonato de sodio (Merck, Darmstadt, Alemania), agua de sistema osmosis inversa (Romi 100, Hidrolit, Argentina).

Extracción sólido-liquido asistida por ultrasonido (EAU)

Se utilizó una sonda ultrasónica con frecuencia de operación fija de 20 kHz (Sonicator Processor Cell Disruptor Mixer, Shanghai, China) con potencia máxima 450 W, acoplada a un baño con circulación de agua a 40°C ($\pm 0,1$ °C). Las relaciones de amplitud de potencia fueron de 25, 50, 75 y 100%. Los extractos se obtuvieron a partir de 20, 25 y 30 g de hojas de yerba mate/ 200 mL de solución hidroalcohólica al 50%, entre 2 - 60 min.

Determinación de los compuestos fenólicos (CPT)

Los CPT se determinaron mediante el método de Folin-Ciocalteu (ISO/FDIS, 2004). Cada muestra de extracto se diluyó con agua en una proporción de 1:5 y luego 1:100. Se transfirió un mililitro del extracto de muestra diluido por triplicado a tubos separados que contenían 5,0 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu diluido en agua (10% v/v). Luego, se añadieron 4,0 mL de una solución de carbonato de sodio (7,5 % p/v). Los tubos se dejaron reposar durante 60 min y se procedió a medir la absorbancia a 765 nm. La concentración de CPT en los extractos originales se expresó en ácido gálico equivalente en base seca en el extracto original (g GAE %ms).

Modelo cinético de absorción de Pilosof (1985)

La ecuación (1) representa el modelo cinético de absorción de agua de (Pilosof et al., 1985). El modelo fue desarrollado para describir la absorción de agua de una matriz sólida, pero tuvo un buen ajuste cuando se aplicó para describir la tasa de liberación de compuestos solubles de la yerba mate (Pokolenko & Schmalko, 2009). En nuestro estudio la concentración de CPT en el extracto (C) se ajustó en función del tiempo de extracción (t). En la ecuación (1), (Q) es la concentración de CPT en el tiempo y (B) es el tiempo necesario para extraer la mitad de (Q).

$$C = \frac{Q \cdot t}{B + t} \quad 1$$

Representando una ecuación cinética de segundo orden (2) donde la constante es:

$$k = (B \cdot Q)^{-1} \quad 2$$

Y la velocidad inicial de absorción se representa por la ecuación (3) a tiempo igual a cero $t = 0$

$$R_0 = \frac{Q}{B}$$

3

Análisis estadístico

Los datos experimentales se analizaron utilizando Statgraphics Centurion XVII 17.2.00 y Graph Pad Prism 5.04 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, EE. UU.). Se utilizó regresión no lineal para ajustar los datos experimentales. Los datos fueron procesados mediante ANOVA (95%). La concordancia de los datos experimentales se evaluó con:

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (c_{cal} - c_{exp})^2}{n} \right]^{0.5} \quad MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{cal} - c_{exp})_n}{n} \quad \%EP = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{cal} - c_{exp})_n}{\sum_{i=1}^n c_n} \times 100$$

Resultados y Discusión

En las Tablas 1, 2 y 3, se presentan los valores de los parámetros del modelo de Pilosof (1985) junto con la bondad de ajuste del modelo a los datos experimentales y en las Figura 1. A, B, C los datos experimentales y los predichos por el modelo.

Tabla 1. Constantes cinéticas del modelo de absorción de agua y bondad del ajuste para la extracción de CPT a partir de 20 g de hojas de yerba mate/200 mL en un solvente hidroalcohólico.

YM/Sn (g/0,2 L)	%Am. de Potencia	C (g EAG % ms)	B (min)	K = (B.Q) ⁻¹ (g EAG/ 100g min)	R ₀ = Q/B (g EAG/ 100g ms. min)	R ²	Bondad del ajuste		
							RMSE	MBE	%EP
20 g	25%	7,9 ± 0,1 ^d	2,1 ± 0,2 ^c	0,1000 ± 0,0001 ^d	3,7 ± 0,3 ^c	0,99	0,23	-0,006	3,3
	50%	8,2 ± 0,1 ^c	2,0 ± 0,1 ^c	0,10000 ± 0,00004 ^c	4,1 ± 0,3 ^{3c}	0,99	0,21	-0,004	2,7
	75%	8,8 ± 0,1 ^b	1,7 ± 0,1 ^b	0,07000 ± 0,00002 ^b	5,2 ± 0,2 ^b	0,99	0,14	-0,003	1,7
	100%	10,8 ± 0,1 ^a	2,4 ± 0,1 ^a	0,04000 ± 0,00001 ^a	4,5 ± 0,2 ^a	0,99	0,21	-0,010	2,2

Los datos se expresan como media ± error estándar. Distintos superíndices en la misma columna: (minúscula) o fila: (mayúscula) indican que existen diferencias significativas (p<0,05).

Tabla 2. Constantes cinéticas del modelo de absorción de agua y bondad del ajuste para la extracción de CPT a partir de 25 g de hojas de yerba mate/200 mL de solvente.

YM/Sn (g/0,2 L)	%Am. de Potencia	C (g EAG % ms)	B (min)	K = (B.Q) ⁻¹ (g EAG/ 100g min)	R ₀ = Q/B (g EAG/ 100g ms. min)	R ²	Bondad del ajuste		
							RMSE	MBE	%EP
25 g	25%	8,00 ± 0,1 ^c	2,2 ± 0,1 ^c	0,06000 ± 0,00004 ^c	3,6 ± 0,3 ^a	0,99	0,20	-0,007	2,9
	50%	8,8 ± 0,1 ^c	1,8 ± 0,1 ^c	0,10000 ± 0,00002 ^c	5,0 ± 0,2 ^a	0,99	0,14	-0,003	1,6
	75%	10,4 ± 0,1 ^b	2,0 ± 0,1 ^b	0,05000 ± 0,00001 ^b	5,2 ± 0,2 ^a	0,99	0,13	-0,006	1,2
	100%	12,3 ± 0,1 ^a	2,3 ± 0,1 ^a	0,03000 ± 0,00002 ^a	5,3 ± 0,4 ^a	0,99	0,28	-0,013	2,6

Los datos se expresan como media ± error estándar. Distintos superíndices en la misma columna: (minúscula) o fila: (mayúscula) indican que existen diferencias significativas (p<0,05).

Tabla 3. Constantes cinéticas del modelo de absorción de agua y bondad del ajuste para la extracción de CPT a partir de 30 g de hojas de yerba mate/200 mL de solvente.

YM/Sn (g/0,2 L)	%Am. de Potencia	C (g EAG % ms)	B (min)	K = (B.Q) ⁻¹ (g EAG/ 100g min)	R ₀ = Q/B (g EAG/ 100g ms. min)	R ²	Bondad del ajuste		
							RMSE	MBE	%EP
30 g	25%	7,9 ± 0,1 ^d	2,1 ± 0,2 ^a	0,06 ± 0,0001 ^d	3,7 ± 0,4 ^c	0,98	0,29	-0,009	3,9
	50%	8,4 ± 0,1 ^c	1,7 ± 0,1 ^b	0,07 ± 0,00003 ^c	4,9 ± 0,3 ^b	0,99	0,17	-0,003	2,2
	75%	10,3 ± 0,1 ^b	2,1 ± 0,1 ^a	0,05000 ± 0,00001 ^b	5,0 ± 0,2 ^{ab}	0,99	0,11	-0,005	0,9
	100%	12,3 ± 0,1 ^a	2,2 ± 0,1 ^a	0,03700 ± 0,00001 ^a	5,5 ± 0,3 ^a	0,99	0,23	-0,005	2,0

Los datos se expresan como media ± error estándar. Distintos superíndices en la misma columna: (minúscula) o fila: (mayúscula) indican que existen diferencias significativas (p<0,05).

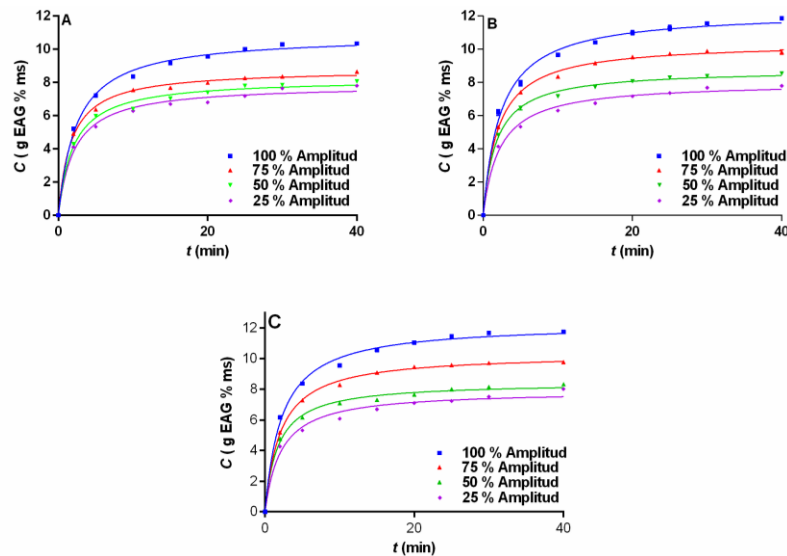


Figura 1. A, B, C. Datos experimentales y predichos por el modelo de modelo a partir de A) 20, B) 25 y C) 30 g de hojas de yerba mate/200 mL de solvente.

La bondad de ajuste del modelo mostró altos valores de los coeficientes de correlación en todos los experimentos ($R^2 > 0,98$), el RMSE y % EP tuvieron valores relativamente bajos. De acuerdo con los altos coeficientes de correlación en todos los experimentos, el modelo resulta muy adecuado. (Butiuk et al., 2021) informó similar comportamiento en las curvas de extracción de ácido clorogénico en yerba mate, analizados con el modelo de absorción.

Efecto de la amplitud de potencia (EAU)

El ANOVA a los datos obtenidos con el modelo de absorción de agua de (Pilosof et al., 1985) en la extracción EAU a partir de 20, 25 y 30 g de hojas de yerba mate/200 mL en un solvente hidroalcohólico al 50%, a 25, 50, 75 y 100% de amplitud de potencia, indicaron que la amplitud tuvo un efecto significativo sobre los valores de concentración máxima alcanzada (C). La mayor extracción se logró con las proporciones de 25 y 30 g de hojas de yerba mate a la máxima intensidad de amplitud EUA (12,3 g EAG % ms). La concentración máxima de equilibrio (C) estuvo correlacionada positivamente en relación con la amplitud de potencia (0,92) a 20 g; (0,93) a 25 g y (0,97) a 30 g de hojas de yerba mate. Los resultados obtenidos de CPT se encuentran en el mismo orden en magnitud a los hallados por (Anusic, 2011; Hartwig, 2015; Pagliosa et al., 2010). Los valores de la constante ($K = (B \cdot Q)^{-1}$) presentaron diferencias significativas con las amplitudes de ($p < 0,05$). Los valores ($R_0 = Q/B$) para las proporciones de 20 y 25 g de hojas de yerba mate indicaron el efecto de la amplitud de potencia en (R_0) ($p < 0,05$). Los valores de (B) indicaron la dependencia significativa con el incremento de amplitud ($p < 0,05$).

Efecto de la proporción de hojas de yerba mate

En la Tabla 4. se resumen comparativamente los parámetros de concentración de equilibrio (C) y los valores de velocidad inicial (R_0) para las distintas proporciones de hojas de yerba mate a la máxima amplitud de potencia (100%).

Tabla 4. Concentraciones máximas de equilibrio (C) y (R_0) al (100%) de amplitud de EAU

Yerba mate/Sn	C	$R_0 = Q/B$	Bondad del ajuste	
	(g EAG % ms)	(g EAG/ 100g ms. min)	R^2	%EP
20	10,8 ± 0,1 ^a	4,5 ± 0,2 ^a	0,99	2,2
25	12,3 ± 0,1 ^b	5,3 ± 0,4 ^b	0,99	2,6
30	12,3 ± 0,1 ^b	3,7 ± 0,4 ^b	0,98	3,9

Los datos se expresan como media ± error estándar. Distintos superíndices en la misma columna: (minúscula) o fila: (mayúscula) indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se observa una dependencia de (C) y con las proporciones de hojas de yerba mate. Estos resultados confirman el uso sinérgico de intensidad de energía con una alta proporción de sólido, para aumentar la selectividad en la recuperación de CPT. Sin embargo, resulta relevante evaluar el parámetro (R_0) al diseñar el proceso industrial de extracción.

Conclusiones

En condiciones experimentales el presente estudio ha demostrado que el modelo cinético de absorción resulta adecuado para modelar el proceso de extracción de CPT en hojas de yerba mate ($R^2 > 0,98$; EP < 10%; RMSE < 0,11). Se demostró que la proporción de hojas de yerba mate y la intensidad de amplitud de potencia son parámetros operativos que influyen en el proceso. Los resultados sugieren el empleo de una mayor intensidad de EAU en la extracción óptima en sinergia con el uso de una adecuada proporción de hojas de yerba mate. De este modo, el uso de EAU constituye una tecnología emergente y sustentable para obtener extractos ricos en CPT a partir de las hojas de yerba mate.

Agradecimiento

Los autores agradecen a CONICET por la beca de doctorado a López Gabriela Gisela

Referencias Bibliográficas

- ANUSIC, N. (2011). *Identificación y cuantificación de polifenoles en yerba mate y brebajes*.
 BOTH, S., CHEMAT, F. & STRUBE, J. Extraction of polyphenols from black tea- *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 21(3). 2014.
 BUTIUK, A. P., MAIDANA, S. A., ADACHI, O., AKAKABE, Y., MARTOS, M. A. & HOURS, R. A. Optimization and modeling of the chlorogenic acid extraction from a residue of yerba mate processing. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, v. 25, 100329. 2021.
 DA SILVA, E. L., NEIVA, T. J. C., SHIRAI, M., TERAQ, J. & ABDALLA, D. S. P. Acute ingestion of yerba mate infusion (*Ilex paraguariensis*) inhibits plasma and lipoprotein oxidation. *Food Research International*, v. 41(10), p. 973–979. 2008.
 HARTWIG, V. G. (2015). Obtención de extractos secos de yerba mate con alto contenido de polifenoles y alta capacidad antioxidante. UBA.
 HECK, C. I. & DE MEJIA, E. G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. *Journal of Food Science*. 2007.
 ISO/FDIS. (2004). Determination of total polyphenols in tea – Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. (No. 14502–1).
 Jacques, R. A., dos Santos Freitas, L., Pérez, V. F., Dariva, C., de Oliveira, A. P., de OLIVEIRA, J. V. & CARAMÃO, E. B. The use of ultrasound in the extraction of *Ilex paraguariensis* leaves. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 14(1), p. 6–12. 2007..

- KOTOVICZ, V. & ZANOELO, E. F. Hydrostatic pressure cycling extraction of soluble matter from mate leaves. *Journal of Food Engineering*, 116(3), 656–665. 2013.
- MESQUITA, M., SANTOS, E., KASSUYA, C. A. & SALVADOR, M. J. Chimarrão, terere and mate-tea in legitimate technology modes of preparation and consume: A comparative study of chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and anti-anxiety properties of the mostly consumed beverages of *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 279, 114401.2021.
- PAGLIOSA, C. M., VIEIRA, M. A., PODESTÁ, R., MARASCHIN, M., ZENI, A. L. B., AMANTE, E. R. & AMBONI, R. D. DE M. C. Methylxanthines, phenolic composition, and antioxidant activity of bark from residues from mate tree harvesting. *Food Chemistry*, v. 122(1), p. 173–178. 2010.
- PILOSOFF, A. M. R., BOQUET, R. & BARTHOLOMAI, G. B. Kinetics of Water Uptake by Food Powders. *Journal of Food Science*, v. 50(1), p. 278–279. 1985.
- POKOLENKO, J. J. & SCHMALKO, M. E. Influencia de la composición en la extracción de los solubles de la yerba mate. *Recyt*, v. 11, p. 42–47. 2009.
- RAMIREZ-MARES, M. V., CHANDRA, S. & DE MEJIA, E. G. In vitro chemopreventive activity of *Camellia sinensis*, *Ilex paraguariensis* and *Ardisia compressa* tea extracts and selected polyphenols. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, v. 554(1–2), p. 53–65. 2004.
- ROSELLÓ-SOTO, E., GALANAKIS, C. M., BRNČIĆ, M., ORLIEN, V., TRUJILLO, F. J., MAWSON, R., KNOERZER, K., TIWARI, B. K. & BARBA, F. Clean recovery of antioxidant compounds from plant foods, by-products and algae assisted by ultrasound processing. Modeling approaches to optimize processing conditions. *Trends in Food Science & Technology*, v. 42(2), p. 134–149. 2015.

Parámetros de equilibrio de la extracción sólido-líquido del polvo de hojas de yerba mate

Neis, Emiliano Roberto¹; Covinich, Mónica Mariela²; Scipioni, Griselda Patricia³; Schmalko, Miguel Eduardo⁴

¹Becario. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones. Laboratorio de Yerba Mate. Félix de Azara 1552, Posadas, emilianoneis@fceqyn.unam.edu.ar

²Becaria. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones. Laboratorio de Yerba Mate. Félix de Azara 1552, Posadas, mmcovinich@fceqyn.unam.edu.ar

³Profesora/Investigadora. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones. Laboratorio de Yerba Mate. Félix de Azara 1552, Posadas, gpscipioni@fceqyn.unam.edu.ar

⁴Profesor/Investigador. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones. Laboratorio de Yerba Mate. Félix de Azara 1552, Posadas, mesh@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) es un cultivo industrial de gran importancia económica para la provincia de Misiones. Durante la industrialización de este cultivo se generan grandes cantidades de polvo de hojas, que debido a su baja granulometría no son agregados en su totalidad al producto terminado. Dada la composición química de la yerba mate, este subproducto puede ser empleado como fuente de bajo costo para la obtención de extractos con alto contenido de compuestos bioactivos. Al respecto, el estudio del equilibrio de la extracción sólido-líquido constituye la base para el cálculo de sistemas de extracción en una y varias etapas. El objetivo de este trabajo fue obtener diagramas de equilibrio para la extracción acuosa del polvo de yerba mate a distintas temperaturas. El polvo de yerba mate se caracterizó a partir de la determinación de la composición centesimal, contenido de palos y contenido de sólidos solubles. Los datos de equilibrio se estudiaron a distintas concentraciones a 35, 60 y 85°C. En cada condición se determinaron el índice de retención y las composiciones del extracto y del refinado en equilibrio. Los datos obtenidos se emplearon para la construcción de diagramas de equilibrio triangulares y rectangulares. El polvo de hojas de yerba mate presentó una composición centesimal similar a la de la yerba mate elaborada y un contenido de sólidos solubles del 45,6%. El índice de retención resultó en un valor promedio de 8,25 g de extracto retenido por g de inerte en el refinado. Los resultados encontrados pueden ser aplicados al cálculo gráfico de sistemas de extracción a distintas temperaturas.

Palabras clave: Yerba Mate. Extracción. Equilibrio. Subproducto.

Introducción

En los últimos años existe un interés creciente por los compuestos antioxidantes, debido a que han sido asociados a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (Caban y Lewandowska, 2022). Las hojas de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) tienen un alto contenido de compuestos bioactivos con actividad antioxidante, principalmente del grupo de los polifenoles (Panzl et al., 2022). Durante la industrialización de la yerba mate se realiza una operación de molienda fina, donde se generan grandes cantidades de polvo de hojas de baja granulometría. La legislación argentina no establece un límite máximo para el contenido de polvo en este alimento, pero la cantidad que se agrega al producto terminado es limitada ya que compromete la calidad organoléptica del mismo. De esta manera, el polvo de hojas generado

en el procesamiento podría emplearse como una fuente de bajo costo para la obtención de extractos de yerba mate.

En la bibliografía existe una gran cantidad de trabajos destinados a la optimización de las condiciones de operación para la extracción de distintas matrices alimentarias. Sin embargo, los trabajos que estudian la operación en varias etapas son escasos (Bessa et al., 2017; Castillo-Santos et al., 2016; Vázquez-León et al., 2019). Las operaciones en varias etapas en contracorriente resultan de particular interés, ya que maximizan la eficiencia de la operación (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005). El cálculo de sistemas de extracción de una o varias etapas se basa en dos parámetros: el índice de retención y la relación de equilibrio (Green y Perry, 2008). La relación de equilibrio describe la distribución de soluto entre el extracto y el refinado en equilibrio a distintas concentraciones, mientras que el índice de retención define la cantidad de extracto retenido en el refinado. Existen antecedentes en estudios del equilibrio en hojas de yerba mate elaborada (Brousse, 2006; Faggion et al., 2016).

Las soluciones analíticas a sistemas de extracción en varias etapas pueden resultar complejas en los casos en que las relaciones de equilibrio no son lineales o en los que el índice de retención varía con la composición del extracto. En estos casos, los cálculos para los sistemas de extracción pueden realizarse a partir de métodos gráficos (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005). Éstos son métodos aproximados que utilizan diagramas como representaciones gráficas del equilibrio a temperatura constante. El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros de equilibrio de la extracción acuosa del polvo de hojas de yerba mate y representar los resultados obtenidos en diagramas de equilibrio.

Materiales y métodos

El polvo de yerba mate fue provisto por un establecimiento industrial obtenido como descarte de la producción de yerba mate en saquitos.

Composición centesimal

El contenido de humedad y de cenizas totales se determinaron según las normas IRAM 20503 y 20505, respectivamente. El contenido de proteínas y de fibra dietaria se determinaron según los métodos AOAC 920.152 y 985.29, respectivamente. El contenido de lípidos se determinó por extracción en un aparato de Soxhlet con éter de petróleo, y el contenido de carbohidratos se determinó por diferencia.

Componentes para la extracción sólido-líquido

El contenido de soluto en el polvo de yerba mate se determinó mediante una extracción exhaustiva (Vázquez-León et al., 2019). Para ello, dos gramos de polvo de yerba mate fueron extraídos cinco veces con 100 g de agua a ebullición por 20 minutos. El contenido de soluto se determinó por pérdida de masa en estufa a 103°C. El contenido de sólidos inertes se determinó a partir del refinado agotado obtenido en la determinación del contenido de soluto, luego de secado en estufa a 103°C.

Contenido de palo

El contenido de palo en la muestra de polvo de yerba mate se determinó según norma IRAM 20514.

Obtención de datos de equilibrio

La composición de extractos y refinados en equilibrio se determinó a distintas relaciones sólido-líquido a 35, 60 y 85°C. Se estudiaron las relaciones sólido-líquido de 0,625; 1,25; 2,5; 5; 10;

15 y 20% (p/p). El tiempo de extracción fue de 30 minutos, seleccionado según determinaciones previas de la cinética de extracción. Para estudiar el comportamiento del equilibrio a altas concentraciones, se incluyeron cuatro puntos adicionales que se prepararon usando como solvente distintas diluciones (25, 50, 75 y 100% p/p) del extracto obtenido con relación sólido-líquido del 20% a cada temperatura.

Los contenidos de soluto y solvente en el extracto se determinaron por pérdida de masa en estufa a 103°C. La corriente de extracto se consideró libre de inerte. El contenido de solvente en el refinado se determinó por pérdida de masa en estufa a 103°C. El contenido de soluto y de inerte en el refinado se determinaron mediante balances de masa, en base al contenido de soluto y de inerte determinado en el polvo de yerba mate. El índice de retención a cada condición estudiada se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$r = \frac{R}{F \cdot X_{IF}} - 1$$

donde R es la masa de refinado, F es la masa de sólido empleado y X_{IF} es la fracción másica de inertes en el sólido.

Construcción de diagramas de equilibrio

Los resultados obtenidos anteriormente fueron representados en los diagramas de equilibrio más habitualmente empleados en la bibliografía (diagrama triangular y rectangular). El diagrama triangular representa las composiciones de cada corriente como fracciones másicas de solvente en función de las fracciones másicas de soluto. El diagrama rectangular representa los resultados en base libre de inerte.

Resultados y discusión

Composición centesimal

Los resultados obtenidos para la composición centesimal de la muestra analizada de polvo de yerba mate se muestran en la Tabla 1. Los valores encontrados se hallan en el orden de los reportados en la bibliografía para hojas de yerba mate elaborada (Souza et al., 2015).

Tabla 1. Composición centesimal del polvo de yerba mate

Componente	Resultado (g/100g_{ss})
Humedad	4,38 ± 0,07
Cenizas	6,97 ± 0,03
Proteínas	12,52 ± 0,10
Lípidos	1,86 ± 0,08
Fibra dietaria	45,86 ± 0,05
Carbohidratos	32,80 ± 0,12

Componentes para la extracción sólido-líquido

El contenido de solvente, soluto y de sólidos inertes en el polvo de yerba mate se muestra en la Tabla 2. Otros autores han informado valores similares de contenido de sólidos solubles en hojas de yerba mate elaborada (Faggion et al., 2016; Jensen y Zanoelo, 2013).

Tabla 2. Fracciones másicas de componentes de interés para la extracción

Componente	Fracción másica
Solvente	0,042 ± 0,001
Soluto	0,456 ± 0,004
Inerte	0,502 ± 0,004

Contenido de palo

El contenido de palo determinado según norma IRAM 20514 resultó del 1,2%, por lo que puede considerarse que la muestra de polvo de yerba mate analizada corresponde completamente a hojas. Este resultado tiene relación con el procesamiento seguido en el establecimiento industrial que aportó las muestras.

Índice de retención

El valor promedio del índice de retención (r) para todas las condiciones estudiadas resultó igual a $8,25 \pm 0,04$ (intervalo de confianza del 95%) g de extracto por g de sólido inerte en el refinado. El resultado encontrado en este trabajo resulta considerablemente mayor a otros reportados en la bibliografía para la extracción de matrices vegetales con solventes orgánicos (Arguelles-Peña et al., 2021). Esto puede deberse a la polaridad del solvente empleado, que presenta mayor interacción con la matriz vegetal hidrofílica. Por otro lado, el tamaño de partícula empleado puede resultar en un índice de retención elevado, disminuyendo la eficiencia de la separación por filtración (Arguelles-Peña et al., 2021; Navarro y Rodrigues, 2018). En hojas de yerba mate elaborada se han encontrado valores de retención de solvente entre 3,2 y 4,6 g de solvente por g de inerte, empleando un tamaño de partícula mayor (Faggion et al., 2016).

Diagramas de equilibrio

El diagrama rectangular de equilibrio para la extracción acuosa del polvo de hojas de yerba mate a 60°C se muestra en la Figura 1.

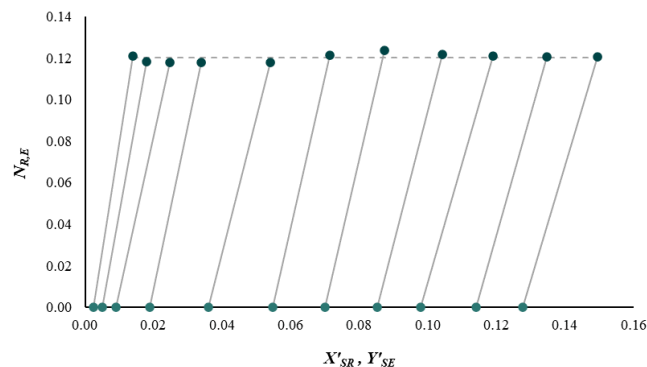


Figura 1. Diagrama rectangular de equilibrio a 60°C

El diagrama rectangular muestra los resultados de fracción de inerte (N_R y N_E) en función de las fracciones másicas de soluto en el extracto (Y'_{SE}) y en el refinado (X'_{SR}), ambas expresadas en base libre de inerte. El promedio de los datos de fracción de inerte en el refinado se usó para trazar la línea de retención (mostrada en línea punteada en la Figura 1). Los valores experimentales de N_R a distintas concentraciones se distribuyen en torno a este valor promedio, debido a que el índice de retención es independiente de la concentración del extracto en el rango estudiado. Los puntos correspondientes al extracto se ubicaron sobre el eje de abscisas, dado que esta corriente se consideró libre de inertes.

Las rectas de reparto que unen extractos y refinados en equilibrio mostraron pendientes positivas. Esto se ha reportado previamente en estudios de equilibrio para yerba mate (Faggion et al., 2016). Esto indica que el extracto retenido en el refinado es de mayor concentración que el extracto separado en equilibrio. No se observaron diferencias importantes entre los diagramas rectangulares obtenidos a distintas temperaturas. Este resultado tiene importancia práctica, dado

que sugiere que la extracción puede llevarse a cabo a distintas temperaturas con resultados similares.

El diagrama triangular de equilibrio para la extracción acuosa del polvo de hojas de yerba mate a 60°C se muestra en la Figura 2.

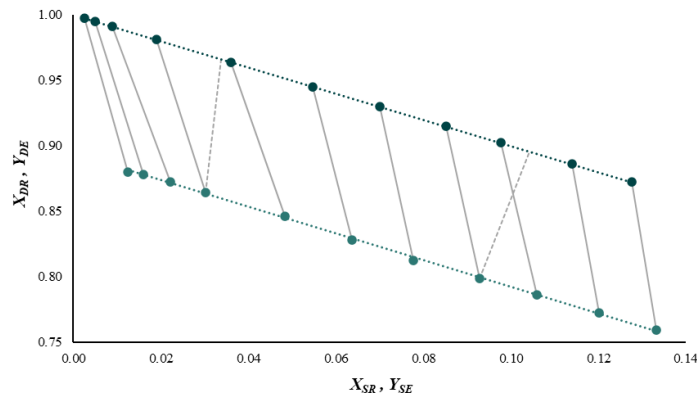


Figura 2. Diagrama triangular de equilibrio a 60°C

Al considerar el extracto libre de inertes, los puntos que representan su composición se ubicaron sobre la hipotenusa del triángulo rectángulo. Por su parte, los puntos que representan la composición del refinado a distintas concentraciones se ajustaron a una recta, correspondiente a la línea de retención ($R^2 = 0,9991$). El diagrama de la Figura 2 corresponde a la zona de bajas concentraciones del diagrama triangular completo. Por lo tanto, el uso del diagrama rectangular suele ser más cómodo cuando se hacen cálculos en forma gráfica (Treybal, 1984).

Conclusiones

El polvo de hojas generado como subproducto de la industrialización de la yerba mate constituye una fuente de bajo costo para la obtención de extractos de esta planta. La composición centesimal del subproducto es similar a la de la yerba mate elaborada, al tiempo que presenta un alto contenido de compuestos solubles. Los diagramas obtenidos permiten representar gráficamente el comportamiento de equilibrio del sistema, así como también la realización de cálculos gráficos para sistemas de extracción en una y varias etapas.

Referencias Bibliográficas

- ARGUELLES-PEÑA, K.; OLGUÍN-ROJAS, J.A.; ACOSTA-OSORIO, A.A.; CARRERA, C.; BARBERO, G.F.; GARCÍA-ALVARADO, M.Á.; RODRÍGUEZ-JIMENES, G.C. An Evaluation of the Equilibrium Properties in Hexane and Ethanol Extractive Systems for *Moringa oleifera* Seeds and Fatty Acid Profiles of the Extracts. *Separations*, v. 8, n. 217, 2021.
- BESSA, L.C.B.A.; FERREIRA, M.C.; RODRIGUES, C.E.C.; BATISTA, E.A.C.; MEIRELLES, A.J.A. Simulation and process design of continuous countercurrent ethanolic extraction of rice bran oil. *Journal of Food Engineering*, v. 202, p. 99–113, 2017.
- BROUSSE, M. Estudio del Equilibrio de la Extracción Acuosa de Sólidos Solubles de la Yerba Mate. Tesis (Maestría en Tecnología de los Alimentos). Universidad Nacional de Misiones, 2006.

- CABAN, M.; LEWANDOWSKA, U. Polyphenols and the potential mechanisms of their therapeutic benefits against inflammatory bowel diseases. *Journal of Functional Foods*, v. 95, p. 105181, 2022.
- CASTILLO-SANTOS, K.; AGUIRRE-ALONSO, R.O.; RODRÍGUEZ-JIMENES, G.C.; ROBLES-OLVERA, V.J.; SALGADO-CERVANTES, M.A.; GARCÍA-ALVARADO, M.A. An optimization-based algorithm for solving design problems of counter-current multistage batch solid-liquid extractors for complex systems: Application to vanilla extract. *Computers and Chemical Engineering*, v. 89, p. 53–61, 2016.
- FAGGION, H.; BENINCÁ, C.; PEDERSEN VOLL, F.A.; ZANOELO, E.F. Phase equilibrium diagrams for the system water, inert and solutes from mate (*Ilex paraguariensis*) leaves at constant temperature and cyclic pressurization. *Journal of Food Engineering*, v. 169, p. 79–84, 2016.
- GREEN, D.W.; PERRY, R.H. (Ed.) *Perry's Chemical Engineers's Handbook*. McGraw-Hill, 2008.
- IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Ediciones Mundi-Prensa, 2005.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Yerba mate. Yerba mate. Determinación de las cenizas totales. (IRAM 20505:2011), 2011.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Yerba mate. Determinación del contenido de palo (IRAM 20514:2019), 2019.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Yerba mate. Determinación de la pérdida de masa a 103 °C. (IRAM 20503:2019), 2019.
- JENSEN, S.; ZANOELO, É.F. Kinetics of aqueous extraction of mate (*Ilex paraguariensis*) leaves. *Journal of Food Process Engineering*, v. 36, n. 2, p. 220–227, 2013.
- NAVARRO, S.L.B.; RODRIGUES, C.E.C. Macadamia Oil Extraction with Alcoholic Solvents: Yield and Composition of Macadamia Oil and Production of Protein Concentrates From Defatted Meal. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 120, p. 1800092, 2018.
- PANZL, M.V.; MENCHACA, D.; RODRÍGUEZ-HARALAMBIDES, A. Analysis of polyphenols and xanthenes in yerba mate (*Ilex paraguariensis*) infusions by high-pressure extraction and ultra-high performance liquid chromatography. *Applied Food Research*, v. 2, n. 2, p. 100192, 2022.
- SOUZA, A.H.P.; CORRÊA, R.C.G.; BARROS, L.; CALHELHA, R.C.; SANTOS-BUELGA, C.; PERALTA, R.M.; BRACHT, A.; MATSUSHITA, M.; FERREIRA, I.C.F.R. Phytochemicals and bioactive properties of *Ilex paraguariensis*: An in-vitro comparative study between the whole plant, leaves and stems. *Food Research International*, v. 78, p. 286–294, 2015.
- TREYBAL, R.E. *Operaciones de transferencia de masa*. McGraw-Hill, 1984.
- VÁZQUEZ-LEÓN, L.A.; OLGUÍN-ROJAS, J.A.; PÁRAMO-CALDERÓN, D.E.; PALMA, M.; BARBERO, G.F.; ROBLES-OLVERA, V.J.; GARCÍA-ALVARADO, M.A.; RODRÍGUEZ-JIMENES, G.C. Modeling of counter-current multistage extraction of *Moringa oleifera* leaves using a mechanistic model. *Food and Bioproducts Processing*, v. 115, p. 165–174, 2019.

Fermentación de extractos de yerba mate con hongos del género *Aspergillus*

Brumovsky, Tamara Nicole¹; Novo, Paola Soledad²; Butiuk, Ana Paula³; Thea, Ana Eugenia⁴; Martos, María Alicia⁵

¹Becario Doctoral CONICET. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, tamarabrumovsky@gmail.com

²Docente. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

³Investigador Asistente CONICET. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, anabutiuk@fceqyn.unam.edu.ar.

⁴Docente/Investigador. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

⁵Docente/Investigador. Profesor Titular. Categoría III. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, amartos2009@gmail.com

Resumen: El objetivo de este trabajo fue estudiar los cambios químicos de extractos acuosos de hojas de yerba mate (*I. paraguariensis*) antes y después de la fermentación por cepas de hongos del género *Aspergillus* (*A. niger* AKU 3302, *A. sojae* AKU 3312 y *A. niger* aislado de yerba mate). Las fermentaciones se realizaron en frascos Erlenmeyers de 500 mL conteniendo 100 mL de extractos de yerba mate sin el agregado de nutrientes. Los mismos fueron inoculados con precultivos provenientes de un cultivo de 48 h del hongo en medio Czapeck líquido e incubados con agitación (180 rpm) a 30 °C durante 4 días. Los extractos fermentados fueron filtrados para remover la biomasa fúngica, calentados a 75 °C por 5 min para inactivar las enzimas polifenoloxidasas y peroxidasas y congelados hasta un tiempo no mayor a los 5 días. Se determinó el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante del sobrenadante antes y durante el proceso fermentativo. El contenido de polifenoles totales (CPT) de los extractos de yerba mate disminuyó de 3,7 a 1,92 g EAG/L luego de 4 días de fermentación con *Aspergillus niger* AKU 3302, y de 4,7 a ~0,1 luego de la fermentación con *Aspergillus sojae* AKU 3312 y *Aspergillus niger* aislado de yerba mate (Tabla 1). La capacidad antioxidante (CA) de los extractos de yerba mate disminuyó de un valor inicial de ~9,4 a ~5,2 luego de haber sido fermentados con *Aspergillus niger* AKU 3302 y de un valor de ~11,3 a ~2,4-2,6 g EAA/L con *Aspergillus sojae* AKU 3312 y *Aspergillus niger* aislado de yerba mate (Tabla 2). Los extractos presentaron inicialmente un color verde claro, adquiriendo un color oscuro al finalizar la fermentación.

Luego de la fermentación se observó una disminución estadísticamente significativa en el CPT y la CA de los extractos de yerba mate.

Palabras clave: Fermentación sumergida. Extracto acuoso. Yerba mate. Capacidad antioxidante. Polifenoles totales.

Introducción

La innovación y el desarrollo de nuevos productos alimenticios con propiedades funcionales y nutricionales mejoradas, implicados en la prevención de enfermedades crónicas y degenerativas, constituye un pilar fundamental para alcanzar nuevos mercados y satisfacer posibles demandas de los consumidores tradicionales. En los últimos tiempos, las bebidas

funcionales han ganado una gran popularidad entre los consumidores que eligen una alimentación saludable.

La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) se produce con importancia económica sólo en tres países (Argentina, Brasil y Paraguay). Argentina es el principal productor de yerba mate y su cultivo se lleva a cabo estrictamente en las provincias de Corrientes y Misiones (INYM, 2023). La yerba mate es un cultivo estratégico desde el punto de vista de las economías regionales. La investigación y desarrollo en el área de mejoramiento de las condiciones de producción y elaboración, como en innovación y desarrollo de nuevos productos, se han convertido en una prioridad para esta industria. En este sentido, el desarrollo de infusiones fermentadas de yerba mate ofrece una alternativa factible para la obtención de productos a base de *I. paraguariensis* que sean funcionales, con cualidades organolépticas únicas y con un amplio espectro de aplicación en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

El proceso de fermentación es el método más antiguo y rentable capaz de conservar o mejorar las propiedades nutricionales y biológicas de los alimentos (Ibrahim et al., 2014). En los últimos años, numerosas publicaciones científicas han demostrado que la fermentación de diversos productos alimenticios, en especial aquellos alimentos de origen vegetal ricos en compuestos fenólicos como el té, café y ciertas hierbas y especias, incrementa la actividad antioxidante y otras propiedades biológicas del producto (Jeng et al., 2007; Kim et al., 2013; Wang, 2014, 2018).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante en extractos acuosos de yerba mate canchada antes y después de la fermentación utilizando una cepa del género *Aspergillus*.

Materiales y Métodos

Materia prima: Se utilizó como materia prima hojas de yerba mate canchada suministradas por un establecimiento yerbatero ubicada en la ciudad de Apóstoles, provincia de Misiones. Las hojas fueron molidas hasta la obtención de un polvo fino utilizando un molino de cuchillas. Las muestras de polvo así obtenidas se empaquetaron en bolsas de plástico herméticas y se mantuvieron congeladas hasta su utilización.

Obtención de los extractos de yerba mate: Las extracciones se realizaron en frascos Erlenmeyers de 500 mL, conteniendo 12,5 g de la materia prima y 250 mL de agua destilada (relación S/L: 1/20) a 85 °C durante 15 minutos, con agitación. Las muestras fueron centrifugadas y los extractos fueron distribuidos en frascos Erlenmeyer y pasteurizados (80 °C por 30 minutos) y conservados a 5 °C hasta su utilización y por un tiempo no mayor a los 7 días.

Microorganismos: Se evaluó la fermentación con cepas individuales de hongos del género *Aspergillus*: *A. niger* AKU 3302, *A. sojae* AKU 3312 y *A. niger* asilada de yerba mate. Las mismas, conservadas en el laboratorio bajo capa de vaselina, fueron repicadas en tubos estrías conteniendo agar Czapek. Los mismos se incubaron 7 días a 30°C.

Obtención de los precultivos: A partir de las cepas de los hongos desarrollados en estrías de agar Czapeck, se prepararon suspensiones de esporos en Tween 80 al 0,05 %. Se inocularon frascos Erlenmeyers de 100 mL conteniendo 10 mL de medio Czapeck líquido con 1000 µl de la suspensión de esporos (10^9 esporos/mL) del hongo en estudio. Los mismos se incubaron a 30°C durante 48 h, a 180 rpm.

Fermentación: Se inocularon frascos Erlenmeyer de 500 mL conteniendo 90 mL de los extractos de yerba mate, con el contenido total (10 mL) de cada precultivo, conteniendo pellets del hongo y medio de cultivo agotado. Los mismos fueron incubados con agitación (180 rpm), a 30 °C, durante 4 días. Los extractos fermentados fueron filtrados para remover la biomasa fúngica, calentados inmediatamente a 75 °C por 5 min para inactivar las enzimas polifenoloxidasas y peroxidasas (Wang et al., 2014) y congelados hasta un tiempo no mayor a los 5 días.

Determinaciones analíticas

Polifenoles totales: El CPT se determinó utilizando el método de Folin-Ciocalteu en base a lo descrito en la norma ISO/FDIS 14502-1(E) (2005). El contenido fue expresado como equivalentes de ácido gálico (EAG; g % bs). Cada muestra fue diluida en una relación 1:100. La concentración de polifenoles totales en los extractos originales se expresó como g EAG/L.

Capacidad antioxidante: La CA se determinó mediante el método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido ascórbico por litro (g EAA/L) y se calcularon como el porcentaje del radical DDPH remanente en estado estable (Hartwig y col., 2012).

Análisis estadístico: Todos los experimentos se llevaron a cabo por triplicado y los datos se expresaron como la media \pm la desviación estándar. Los datos fueron analizados usando ANOVA simple, para evaluar el grado de significación de los resultados. Se trabajó con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el programa Statgraphics Centurion versión XV (2009).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las determinaciones del CPT de los extractos de yerba mate fermentados con los tres hongos del género *Aspergillus*, antes y después de la fermentación; mientras que en la Tabla 2 se presentan los respectivos resultados de la determinación de la CA.

Tabla 1. Polifenoles totales en las muestras inoculadas con los diferentes microorganismos, antes y después de la fermentación con el extracto de yerba mate.

Microorganismo	Contenido de polifenoles totales (g EAG/L)*	
	Días	
	0	4
<i>Aspergillus niger</i> AKU 3302	3,69 \pm 0,02	1,92 \pm 0,01---
<i>Aspergillus sojae</i> AKU 3312	4,36 \pm 0,05	0,98 \pm 0,02---
<i>Aspergillus niger</i> aislado de yerba mate	4,36 \pm 0,05	0,96 \pm 0,01---

*Resultados expresados en g de equivalentes de ácido gálico por cada litro de extracto (g EAG/L). (promedio \pm SD, n = 3).

Tabla 2. Capacidad antioxidante en las muestras inoculadas con los diferentes microorganismos, antes y después de la fermentación con el extracto de yerba mate.

Microorganismo	Capacidad antioxidante (g EAA/L)*	
	Días	
	0	4
<i>Aspergillus niger</i> AKU 3302	9,44 ± 0,62	5,23 ± 0,17
<i>Aspergillus sojae</i> AKU 3312	11,31 ± 1,06	2,59 ± 0,24
<i>Aspergillus niger</i> aislado de yerba mate	11,31 ± 1,06	2,44 ± 0,10

*Resultados expresados en g de equivalentes de ácido ascórbico por cada litro de extracto (g EAA/L). (promedio ± SD, n = 3).

El CPT de los extractos de yerba mate disminuyó de 3,70 a 1,92 g EAG/L luego de 4 días de fermentación con *Aspergillus niger* AKU 3302, y de 4,70 a ~0,10 luego de la fermentación con *Aspergillus sojae* AKU 3312 y *Aspergillus niger* aislado de yerba mate (Tabla 1).

La CA de los extractos de yerba mate disminuyeron de un valor inicial de 9,4 a 5,2 luego de haber sido fermentados con *Aspergillus niger* AKU 3302 y de un valor de 11,3 a ~2,4 -2,6 g EAA/L con *Aspergillus sojae* AKU 3312 y *Aspergillus niger* aislado de yerba mate (Tabla 2). Los extractos presentaron inicialmente un color verde claro, adquiriendo un color oscuro al finalizar la fermentación.

Kim et al. (2013), determinaron que la fermentación líquida de té verde mediante *A. oryzae* causó un incremento en la capacidad antioxidante luego de 8 días de fermentación. Estos autores reportaron que el incremento de la capacidad antioxidante en el té verde fermentado pudo ser debido a la degradación fúngica de algunas catequinas como galato de epigallocatequina (EGCG) y galato de epicatequina (ECG) en varios ácidos fenólicos, los cuales pudieron conducir a un incremento en la actividad antioxidante. Kim et al. (2016), estudiaron la capacidad antioxidante de extractos de *Saengmaeksan*, una hierba tradicional de la medicina coreana, antes y después de la fermentación sobre sustrato en medio sólido mediante *A. kawachii*, *A. oryzae*, y *Weissella cibaria*. Estos autores demostraron que la fermentación de *Saengmaeksan* mejoró la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos polifenólicos luego de 3 días de fermentación, respecto a los extractos sin fermentar. Por otro lado, Wang et al. (2014 y 2018), determinaron que el CPT disminuyó, pero aumentó la producción de tearubiginas (TR) luego de la fermentación de té verde por hongos del género *Aspergillus*. Los TR son compuestos fenólicos solubles en agua, asociados al efecto benéfico en la salud durante el consumo de té negro. El contenido de TR en los extractos de té negro, se considera que está principalmente asociado con la acción de enzimas extracelulares tales como polifenoloxidasas y peroxidases excretadas por hongos filamentosos, las cuales podrían oxidar los polifenoles del té (especialmente catequinas) en pigmentos y provocar el incremento en el contenido de TR (Peng et al. 2013; Wang et al. 2018).

Conclusiones

En el presente trabajo las muestras de yerba mate fermentadas mostraron un menor contenido de los compuestos polifenólicos totales y de la capacidad antioxidante, en comparación con los extractos no fermentados. Esto demostró que la fermentación de yerba mate con los hongos filamentosos del género *Aspergillus* evaluados no mejoraron los parámetros mencionados. En trabajos futuros se realizarán ensayos fermentativos de los extractos de yerba mate mediante el uso de bacterias lácticas.

Referencias Bibliográficas

- HARTWIG, V.G.; BRUMVOSKY, L. A.; FRETES, R. M. A Total Polyphenol Content of Mate (*Ilex paraguariensis*) and Other Plants-derived beverages. *Journal of Food Research*, v. 1, n.3, 2012.
- IBRAHIM, N. A.; MUSTAFA, S.; ISMAIL, A. Effect of lactic fermentation on the antioxidant capacity of Malaysian herbal. *International Food Research Journal*, v. 21, n.4, p. 1483–1488, 2014.
- INSTITUTO NACIONAL DE LA YERBA MATE. Fecha de ingreso: 15/06/2023, 2023. www.inym.org.ar.
- ISO 14502-1 "Determination of total polyphenols in tea. Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. Part 1". 2005.
- JENG, K. C.; CHEN, C. S.; FANG, Y. P.; HOU, R. C. W.; CHEN, Y. S. Effect of microbial fermentation on content of statin, GABA, and polyphenols in Pu-erh tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 21, p. 8787–8792, 2007.
- KIM, M. J.; JOHN, K. M. M.; CHOI, J. N.; LEE, S.; KIM, A. J.; KIM, Y. M.; LEE, C. H. Changes in secondary metabolites of green tea during fermentation by *Aspergillus oryzae* and its effect on antioxidant potential. *Food Research International*, v. 53, n. 2, p. 670–677, 2013.
- KIM, DO-YEON; SHON, MI-YAE; KIM, YEONG-SU. Fermentation enhances the antioxidant properties of *Saengmaeksan* extracts. *Cresco International Journal of Science and Technology*, v. 1, Issue 1 CIJST-1-001, p. 1-6, 2016.
- PENG, C.X.; WANG, Q.P.; LIU, H.R.; GAOB SHENG, J.; GONG, J.S. Effects of Zijuan Pu-erh tea theabrownin on metabolites in hyperlipidemic rat feces by Py-GC/MS. *J Anal Appl Pyrol.*, v. 104, p. 226–233, 2013.
- WANG, Q.; DURGO, K.; CHISTI, Y.; GONG, J.; SISISANSANEEYAKUL, S.; KOMES, D. Physicochemical properties and biological activities of a high-theabrownins instant Pu-erh tea produced using *Aspergillus tubingensis*. *LWT-Food Science and Technology*, v. 90, p. 598–605, 2018.
- WANG, Q.; GONG, J.; CHISTI, Y.; SIRISANSANEEYAKUL, S. Bioconversion of tea polyphenols to bioactive theabrownins by *Aspergillus fumigatus*. *Biotechnology Letters*, v. 36, n. 12, p.2515–2522, 2014.

6. Salud y Medio Ambiente

De la “A” a la “U”: Proceso de obtención de un residuo bioestabilizado a partir de desechos de yerba mate utilizando un sistema de biorreactores en serie. Caracterización del producto

Barbiero Jazmín¹, Corrales Lorena¹, Farco Andrea¹, Díaz Sergio¹, Medina Ricardo^{2,3}, Burgos Angela², González César², Echeverría Silvina¹, Maiocchi Marcos¹

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura- UNNE- Argentina

²Facultad de Ciencias Agrarias -UNNE-Argentina

³Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE-CONICET)- Argentina

Resumen: Los residuos de yerba mate generan grandes volúmenes domiciliarios orgánicos con potencial de ser reciclado y que actualmente no son aprovechados, aumentando los problemas vinculados con la higiene y la contaminación ambiental. En el presente trabajo se estudió el proceso de obtención de un residuo bioestabilizado (RB) a partir de desechos domiciliarios principalmente constituidos por restos de yerba mate. El experimento se inició durante el período de aislamiento social preventivo y obligatorio decretado por el Gobierno Nacional para evitar la circulación y el contagio del virus COVID-19 (Decreto 297/2020), extendiéndose hasta el año 2022 y es el resultado del trabajo colaborativo e interdisciplinario entre equipos de trabajo de dos facultades de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), localizadas en Corrientes, Argentina. El principal residuo general en los ambientes de las facultades es el descarte de la yerba mate, que aumentó en el escenario pandémico y post pandémico por el consumo del mate en forma individual. El objetivo del trabajo fue estudiar los procesos físico-químicos y mecánicos para reciclar desechos domiciliarios de yerba mate con un sistema de biorreactores en serie para poder desarrollar un protocolo de fácil ejecución en residencias familiares y convertirlos en un RB para su uso en producción de plantas. El proceso de obtención se describe con un método memotécnico de la “a” a la “u” que consta de cinco etapas: alimentación, estacionamiento, inactivación, oreo y ultimación. Se han realizado análisis fisicoquímicos del material en cada etapa del proceso. Los datos se sometieron a un análisis de la variancia y Test de Duncan ($p \leq 0,05$). Se consideró el material estabilizado cuando luego de dos mediciones no presentó variación en la masa del sustrato (60 % del valor inicial). Se comprobó que para lograr un RB se necesitan 81 y 105 días para los meses cálidos y frescos respectivamente, con diferencias significativas en los tiempos ($P \leq 0,05$). El RB final presentó pH de 7,7; 62% de materia seca, 48% de cenizas, 13,3 % de materia orgánica, 1% de N, 12,9 de relación C/N, total de sólidos disueltos 9 g L^{-1} , la conductividad eléctrica fue de $11,4 \text{ msS cm}^{-1}$ y la densidad aparente $0,4 \text{ g cm}^3$. Por sus características es apto para su uso en mezclas con otros sustratos que compensen y establezcan relaciones adecuadas para cada especie vegetal. Para almácigos de albahaca su uso fue exitoso en mezcla con 25% de sustrato comercial y 75% de RB, por lo que presenta potencial para el uso en pequeñas huertas y viveros de otras especies en las que se estudiará.

Palabras clave: Desechos. Enmienda orgánica. Sustentabilidad.

Introducción

El consumo de yerba mate (*Ilex paraguariensis*, Aquifoliaceae) se ha visto influenciado ante las situaciones de pandemia y post pandemia dado que se promueve el consumo en forma individual (Gutiérrez *et al.*, 2021). Esto genera una gran cantidad de desechos orgánicos con potencial de ser reciclado y que actualmente no es aprovechado (Torrendel *et al.*, 2008).

El compostaje es un proceso en el cual distintos agentes y parámetros interactúan durante un cierto tiempo, determinado por las condiciones del medio, que genera un producto versátil, con una importante cantidad de beneficios y usos (Pastor Fernández, 2019). Un sustrato para plantas es todo material poroso que, usado sólo o en combinación con otros, proporciona anclaje, agua, oxígeno y nutrientes para su desarrollo. Por los altos costos surge la necesidad de generar sustratos producidos localmente (Strassera *et al.*, 2020) y demostrar el potencial del reciclaje de residuos orgánicos producidos domiciliariamente. Un material bioestabilizado puede tener efectos fitotóxicos, por lo que cada nueva formulación debe ser ensayada para garantizar el desarrollo cada especie (Bianco *et al.*, 2019).

Para la producción de un residuo bioestabilizado (RB) utilizamos un sistema abierto, donde el proceso de biodegradación catalizado por enzimas, proporcionadas por insectos y microorganismos (Murphy, 2007) se llevó a cabo en el interior de una serie de contenedores. El trabajo vincula dos proyectos interdisciplinarios, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura bajo el título de “Valora Residuos Regenera Vida” y el de Investigación “Sistemas de producción y agregación de valor en cultivos industriales regionales II” que se realiza en la Facultad de Ciencias Agrarias, ambos de la Universidad Nacional del Nordeste en Corrientes, Argentina.

Objetivo

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar los procesos físico-químicos y mecánicos para reciclar los desechos domiciliarios de yerba mate con un sistema de bioreactores en serie para poder desarrollar un protocolo de fácil ejecución en residencias familiares y convertirlos en un RB para su uso en producción de plantas.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en un domicilio particular de la ciudad de Corrientes, Argentina; de una familia compuesta por 5 personas. El material utilizado para el experimento consistió en lo generado por el grupo familiar como desechos, 70% de yerba mate (descarga de mate cebado y saquitos de mate cocido) y 30% de restos de frutas, verduras, saquitos de té, papel, hojas y ramas provenientes de poda del jardín residencial. El estudio se realizó durante el período de aislamiento social preventivo y obligatorio decretado por el Gobierno Nacional para evitar la circulación del virus COVID-19 (Decreto 297/2020).

Se utilizaron balanzas digitales para pesar el material y palas de jardinero para su remoción constante. Para la elaboración hogareña del RB, se reutilizaron baldes limpios (de pintura) de 20 L con idéntica cantidad de perforaciones de 6 mm. En los baldes se incorporaron tubos de PVC de 1/2 pulgada para garantizar la aireación. Al momento de la cosecha, se utilizó un tamiz con perforaciones de 5 mm.

Alimentación (A): 1er recipiente. El material se cargó en este recipiente diariamente, mezclando ligeramente con el que se encontraba ya en proceso y manteniendo la proporción 50 en 50, entre el volumen de material de alta humedad y el de material seco. Semanalmente se realizó el control del peso, mezclando e invirtiendo la carga. Alcanzados los 11-12 kg de carga y transcurridos 20-30 días, el material se pasaba al segundo recipiente.

Estacionamiento (E): 2do recipiente. El material mezclado del recipiente “A” se transfirió a otro de idénticas características. Una vez a la semana se volvió a mezclar y se controló el peso del sistema. Transcurridos 20-30 días, este material se pasó a la siguiente etapa.

Inactivación (I): 3er recipiente. El material del recipiente E, mezclado, ingresó a esta etapa en la cual se observó la disminución en la masa y el volumen, y un cambio en la coloración. Con un tiempo de permanencia de 20-30 días, mezclando y pesando el contenido semanalmente, el material se pasó a la siguiente etapa.

Oreo (O): 4to recipiente. Con aspecto similar al de humus y ya libre de olor, el material se oreó para favorecer la reducción del contenido de humedad. El tiempo de permanencia fue el mismo que en los casos anteriores.

U: Ultimación / Uso (U). 5to recipiente. El material se colocó en el quinto recipiente hasta estabilizar el peso. Se consideró que dos lecturas en semanas consecutivas con mínima o nula variación de peso; el material estaba apto para ser cosechado.

Cosecha: Se mezcló el material y se pesó el total, se tomaron datos de masa y volumen para determinar la densidad aparente del material “*per-se*”. Luego de tamizar con malla de abertura 5 mm, se determinó la densidad aparente de finos (producto listo para usar) y de los gruesos (que se integraban al recipiente “A” para su re-procesamiento). En la Figura 1 se presentan fotografías de los distintos estadios del proceso y un esquema de representación equivalente.



Figura 1. Superior: Fotografía de los biorreactores. Inferior: Esquema del sistema. La indicación de niveles pretende mostrar el cambio en el volumen.

Toma y acondicionamiento de muestras: Se destinaron muestras de 150 a 200 g de cada una de las etapas (A - E - I - O - U) de cinco lotes diferentes, a los análisis físicos- químicos. Luego de la determinación de humedad, resuspendiendo en agua desionizada el material seco triturado y tamizado se determinó pH y conductividad eléctrica (CE).

Se realizaron lecturas de temperaturas ambiente y central (lecho), se relevaron datos de masa total y de las fracciones tamizadas (finos y gruesos/ tamiz Tyler malla 4) de 16 lotes

consecutivos, se determinó la densidad aparente (DA), humedad, pH, conductividad eléctrica (CE) del producto obtenido, correspondientes a 8 meses cálidos (temperatura ambiente promedio 30°C) y 8 meses frescos (temperatura ambiente promedio 20°C). Los datos recopilados se destinaron a completar el balance de materia. Con los datos obtenidos se procedió a realizar un análisis de la variancia, previa verificación de la normalidad, cuyo resultado deja como conclusión de que existen diferencias significativas entre las muestras. Luego se realizó la comparación de los promedios mediante el test de comparaciones múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$). Todos los análisis se realizaron con el programa InfoStat versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2017).

Validación de potencial uso como sustrato de almácigos para la producción comercial de plantas aromáticas: El RB obtenido sin mezclar y mezclado en diferentes proporciones con un sustrato comercial ha sido evaluado para la producción de plantines comerciales de albahaca (*Ocimum basilicum* L) y sus resultados han sido recientemente publicados en la revista Horticultura Argentina (González *et al.*, 2023).

Resultados y Discusión

Obtención del residuo bioestabilizado: Se presentan en la Tabla 1 los resultados promedios en las distintas etapas del proceso de cinco lotes consecutivos en sus estadíos intermedios de humedad, densidad aparente, pH y conductividad.

Tabla 1. Humedad, densidad aparente, pH y conductividad para las etapas del proceso.

Etapas	A	E	I	O	U
Densidad aparente (kg m ⁻³)	555±35 a	560±33 a	520±15 a	471±±25 b	482±21 b
Humedad (%)	65,2±2,9 a	57,9±4,1 b	55,1±5,8 b	50,4±5,9 b	38,2±5,9 c
pH	7,74±0,51 a	7,76±0,54 a	7,89±0,77 a	7,75±0,44 a	7,68±0,50 a
Conductividad eléctrica (1:5) mS cm ⁻¹ a 25,3°C	3,57±1,45 a	4,46±0,89 a	6,62±1,82 a	5,69±0,94 a	6,28±1,56 a

Letras diferentes representan diferencias significativas entre columnas según test de comparaciones múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

Conforme avanzó el bioproceso, disminuyó la humedad y la DA. El pH no mostró variaciones y la CE tendió a aumentar sin que se observen diferencias significativas.

En la Tabla 2, se presentan resultados de las cosechas de 16 lotes consecutivos, 8 correspondientes a meses cálidos y 8 a meses frescos de 2021 y 2022.

Tabla 2. Temperaturas, masas, tiempo de estabilización y propiedades de lotes procesados en meses cálidos y frescos.

Parámetros	Meses cálidos	Meses frescos
Temperatura ambiente (°C)	32 ± 4 a	21 ± 5 b
Temperatura del lecho (°C)	39 ± 5 a	27 ± 6 b
Masa final (kg)	6,0 ± 1,2 a	7,1 ± 0,8 a
Tiempo Estabilización (días)	81 ± 12 a	105 ± 12 b
Densidad aparente (kg m ⁻³)	408 ± 30 a	416 ± 22 a
Gruesos (kg)	3,8 ± 1,0 a	4,7 ± 1,0 a
Finos (kg)	2,4 ± 0,8 a	2,5 ± 0,4 a
Humedad (%)	36,4 ± 9,0 a	45,4 ± 4,3 a
pH	7,60 ± 0,26 a	8,19 ± 0,92 a
Conductividad eléctrica (1:5) mS cm ⁻¹ a 25,3°C	7,96 ± 1,17 a	6,61 ± 1,59 a

Letras diferentes representan diferencias significativas entre columnas Duncan ($P \leq 0,05$).

Se consideró el material estabilizado cuando luego de dos mediciones no presentó variación en la masa del sustrato (60 % del valor inicial), demandando 81 días para los meses cálidos y 105 días para los meses frescos, con diferencias significativas en los tiempos ($P \leq 0,05$).

Con los valores obtenidos, pudo proponerse un balance global de masas, tal como se representa en la Figura 2.

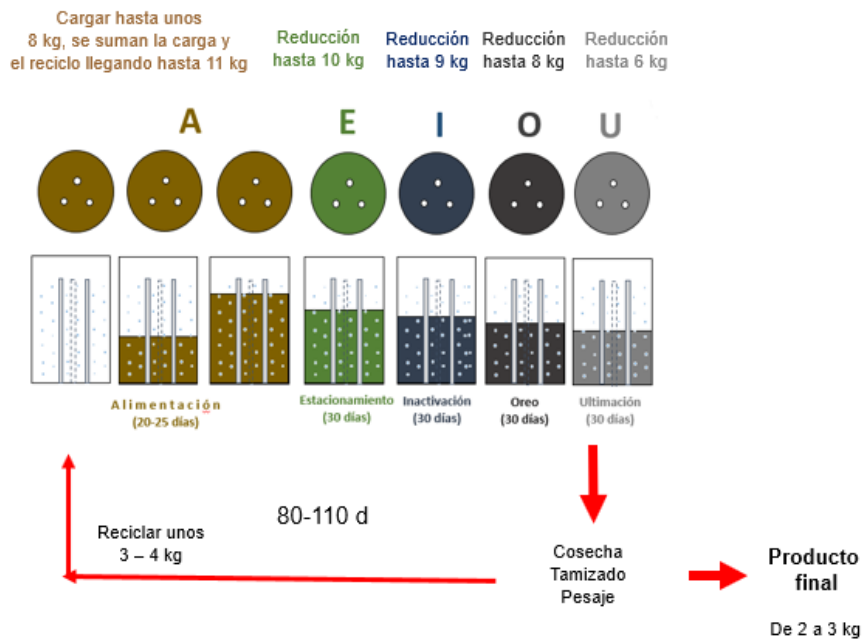


Figura 2. Balance global de masa.

Caracterización y evaluación de la enmienda orgánica

La Tabla 3 presenta las características fisicoquímicas del RB final obtenido.

Tabla 3. Características fisicoquímicas del sustrato comercial del residuo domiciliario bioestabilizado obtenido del proceso.

	Residuo bioestabilizado (RB) rico en yerba mate
Humedad (%)	38,3
Materia seca (%)	61,7
Cenizas (%)	48,1
Materia orgánica (%)	13,3
Nitrógeno total (%)	1,0
Relación Carbono/Nitrógeno	12,9
Densidad aparente (g cm ³)	0,4
pH (1:2.5)	7,7
Conductividad eléctrica (1:2.5) mS cm ⁻¹ a 25,3°C	11,4
Total de sólidos disueltos (g L ⁻¹)	9,0

El RB presentó alto contenido de cenizas y elevado contenido salino, consecuencia de la C.E. de 11,4 mS cm⁻¹. Respecto al pH del RB (7,7) que supera la neutralidad (Tabla 2), se cita que valores superiores a 6,5 podrían causar menor disponibilidad de nutrientes (Anderson *et al.*, 2017). Estos valores que pueden ser condicionantes para el éxito en la germinación y el crecimiento de algunas plantas, pueden fácilmente resolverse al establecer mezclas con otros sustratos que compensen y establezcan relaciones adecuadas para cada especie. Estudios realizados por González *et al.* (2023) con este sustrato en particular han demostrado su factibilidad de uso hasta el 75% de los componentes del sustrato de almácigos de albahaca sin causar efectos deletéreos. En coincidencia con Torrendel *et al.* (2008) y con Papadapoulos *et al.* (2019) el sustrato obtenido a partir de desechos de yerba mate, resulta ser un sistema adecuado para su aplicación en pequeñas huertas y viveros.

Conclusión

Este estudio permitió llegar a obtener un producto bioestabilizado a partir del reciclado de desechos o residuos domiciliarios de yerba mate (70%) con restos de frutas y verduras (30%), establecer un protocolo de desarrollo del mismo y su modelización con base en bioreactores de mezcla y de flujo, tanto como su caracterización a partir de algunas determinaciones físicas, químicas y de aptitud para su uso como componente de sustrato para la producción plantines. Para lograr un RB se necesitan entre 81 y 105 días según la temperatura media del aire. El RB final por sus características fisicoquímicas es apto para establecer mezclas con otros sustratos que compensen y establezcan relaciones adecuadas para cada especie vegetal. Por todo lo expuesto, sería conveniente proseguir con ensayos y promover la producción propia de RB para la producción familiar de plantas y de alimentos en el marco de una economía circular.

Referencias Bibliográficas

- ANDERSON, T.; MARTINI, M.; DE VILLIERS, D. & TIMMONS, M. (2017). Growth and tissue elemental composition response of butterhead lettuce (*Lactuca sativa*, cv. Flandria) to hydroponic conditions at different pH and alkalinity. *Horticulturae*, 3(3): 4
- BIANCO, M. V.; FAGIANI, M.; CAMPOS, H.; YOSVIAK, I.; MUÑOZ, N.; RUGGIA, O. P.; SERRI, D.; BERNADI, N.; ARGÜELLO CARO, E.; NARMONA, L. & SILBERT, V. (2019). Enmienda orgánica de suelo y su efecto sobre el cultivo de lechuga. Congreso Argentino de Agroecología. Mendoza, Argentina. p. 199-203.

- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZÁLEZ, L.; TABLADA, M. & ROBLEDO C.W. (2017). InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA-UNC. Argentina.
- GONZÁLEZ, C. A.; MAIOCCHI, M.; MEDINA, R. D.; BURGOS, A. M. & CORRALES, M. L. (2023). Evaluation of a biostabilized residue rich in yerba mate as a substrate component for basil seedlings. *Horticultura Argentina* 42 (108): 25-37.
- GUTIÉRREZ, E.; TEDESCO, L.; RAMÍREZ MUÑOZ DE TORO, G. & URIARTE, J. I. (2021). El consumo y la producción de yerba mate en Argentina. Consecuencias del COVID-19 sobre el sector. *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional*, 5(8), 28-39.
- MURPHY, R. R. (2007). *Introducción a los procesos químicos: Principios, análisis y síntesis*. 1a. Ed., 1a. Reimp. México: McGraw-Hill Interamericana.
- PASTOR FERNÁNDEZ, C. 2019 Proyecto de Diseño de un Biorreactor para la Producción de Compost a partir de Biorresiduos. *ENGINYERIA AGROALIMENTÀRIA I DEL MEDI RURAL*. Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals . Universitat Jaume I.
- PAPADOPOULOS, A. E.; STYLIANOU, M. A.; MICHALOPOULOS, C. P.; MOUSTAKAS, K. G. HAPESHIS, K. M.; VOGIATZIDAKI, E. E. I. & LOIZIDOU, M. D. (2019). Performance of a new household composter during in-home testing. *Waste Manag.* 29: 204–213.
- STRASSERA, M. E.; SANCHEZ, E.; PALADINO, I.; SOKOLOWSKI, A. C. & CAP, G. B. (2020). Efecto de la enmienda orgánica y flora acompañante sobre el suelo y el rendimiento de tomate. *Cultivos intensivos bajo cubierta. Investigación, Desarrollo e innovación en el marco del PE009*, 1 (1): 9-12.
- TORRENDEL, M.; USETA, G. & PELERINO, F. (2008). La yerba no es basura: lombricultura y producción de Vermicompost a partir de residuos de yerba mate en Uruguay. *INNOTEC*, 3:35-39.

Polysaccharide fraction from yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) improves regeneration of planarian (*Girardia tigrina*)

Orso, Regina¹; Gonçalves, Itamar Luís¹; Navarini Bampi, Edivania¹; Saorin Puton, Bruna Maria¹; Ubiratan Hepp, Luiz¹; Dartora, Nessana¹; Souza Roman, Silvane¹; Valduga, Alice Teresa¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões—URI, Erechim, Sete de Setembro Avenue, 1621, Erechim 99700-000, RS, Brazil.

Abstract: The present study evaluates the regenerative activity of a polysaccharide fraction from yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) using planarian (*Girardia tigrina*) as a model. At 10 mg L⁻¹, the polysaccharide fraction improves the regeneration of the head, pharynx, and tail of *G. tigrina*. At the end of experiment, at 10 mg L⁻¹, the planarians obtained are 22–72% higher than the control group. The planarian fragments exposed to the highest concentration (60 mg mL⁻¹), show signs of toxicity, producing death of some organisms. Thus, the polysaccharide fraction presents a great potential for improving the regeneration of planarian segments, suggesting its potential use in tissue regeneration.

Keywords: *Ilex paraguariensis*, planarians, polysaccharides, regeneration, toxicity

Introduction

Yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) is a plant that originated in South America and is intensively investigated due to its phytochemical composition (Valduga *et al.*, 2019). This plant is consumed mainly through infusion of its leaves and there is an interest in inserting its extracts into various foodstuffs, such as cheese (Faion *et al.*, 2015), chocolate (Zanchett *et al.*, 2016), oxidized beverages (Molin *et al.*, 2011; Molin *et al.*, 2014), yogurt (Preci *et al.*, 2011), and others.

Among the most interesting metabolites present in yerba mate leaves are phenolic compounds (flavonoids and chlorogenic acids), methylxanthines (caffeine and theobromine), and saponins (Lewinski *et al.*, 2015; Valduga *et al.*, 2019). In recent years, special attention has been focused on primary metabolites present in yerba mate leaves, and their distribution in different yerba mate plants was investigated (Valduga *et al.*, 2016). Among the primary metabolites, the polysaccharides have a significant metabolic and structural role in the plants, being involved in the energetic metabolism as well as the structural architecture of cell walls. This group of biomolecules is an abundant natural material that is biocompatible and biodegradable, as well as having distinctive properties such as hydrophilicity and mechanical stability. It also is the starting material for hydrogel fabrication. Polysaccharide-based hydrogels show potential use in wound healing and tissue engineering (Zhu *et al.*, 2019). Polysaccharides such as alginate, cellulose, chitosan, and hyaluronic acid are applied in pharmaceutical formulations for the healing of infected wounds, as has been proven in animal models and clinical trials (Ribeiro *et al.*, 2020).

The first studies with polysaccharide fraction from yerba mate started with the isolation and characterization of a rhamnogalacturonan from aqueous extraction of its leaves (Dartora *et al.*, 2013). After, investigations showed the effect of this polysaccharide fraction on murine sepsis (Dartora *et al.*, 2013), rat gastric lesion induced by ethanol (Maria-Ferreira *et al.*, 2013), and antimicrobial and antioxidant effects (Kungel *et al.*, 2018).

Planarians are small platyhelminthes that live in fresh water ecosystems (Stocchino *et al.*, 2019). This organism is used in investigations linked with regeneration due to its ability to

produce a new and complete organism from its fragments (Wenemoser e Reddien, 2010). It has been used in neuropharmacological studies mainly focusing on drug addiction behavior due to the presence of neurotransmitters (Raffa, 2008; Pagan, 2017), as well as in toxicological investigations and environmental monitoring (Pagán *et al.*, 2006; Pagán *et al.*, 2009; Wu e Li, 2018). The use of planaria is linked with its unique advantages that include 1) easy and cheap maintenance in the laboratory; 2) greater numbers of organisms in assays, enabling significant results to be obtained; 3) greater number of pharmacological assays may be performed; and 4) the use of a whole animal instead of cell culture (Pagan, 2017).

Despite there being numerous pharmacological studies carried out on the effects of yerba mate extracts, one biological property that has been little investigated is its possible effect on tissue regeneration. To the best of our knowledge, there are no publications reporting the yerba mate's action on tissue healing. Considering this lack of data in the literature and the special ability of regeneration found in planarian, the aim of the present research was to investigate the effect of the polysaccharide fraction isolated from yerba mate leaves on the regeneration of planarians.

Methodology

Planaria Cultivation

The planarians (*Girardia tigrina*) were kindly donated by Dra. Suzana Bencke Amato (Zoology Department of Federal University of Rio Grande do Sul) and maintained in rectangular plastic recipients measuring 30 × 15 × 10 cm with reconstituted water of known composition (deionized water and inorganic salts: NaHCO₃ 0.024 g L⁻¹; CaSO₄ 0.018 g L⁻¹; MgSO₄ 0.030 g L⁻¹; and KCl 0.001 g L⁻¹), making up 1/3 of the recipient volume. The recipients were kept in a climatic chamber at 23 °C in the dark and the planarians were fed with small cubes of bovine liver once a week for 1.5 h. After this process, the food was removed, and the ionic solution replaced for maintenance purposes.

Extraction of Polysaccharide Fraction

The plant material was collected in the city of Barão de Cotegipe in January 2014 (Valduga *et al.*, 2016). Leaves were collected from a full-sun homogeneous crop. The leaves were dried to constant weight (moisture content less than 5%) at 35 °C in an oven with air circulation and were then crushed and sieved (2 mm). The polysaccharide fraction was isolated in accordance with previously published methodology (Kungel *et al.*, 2018). Afterwards, the presence of yerba mate polysaccharide fraction was confirmed by FTIR spectroscopy using an attenuated total reflectance spectrophotometer BXII ATR (PerkinElmer, USA). FTIR spectra of polysaccharide fraction previously published (Kungel *et al.*, 2018) were used for comparison purposes.

Effect of Polysaccharide Fraction on G. tigrina Regeneration

About 24 h after feeding, planarians with similar size were previously anesthetized by placing them on ice and then amputated in three parts: head, pharynx, and tail. The fragments were disposed in individual Petri dishes with ionic solution previously prepared and exposed to polysaccharide fraction at concentrations of 0.6, 1, and 2 mg L⁻¹ in a pilot assay, and after at 10, 20, and 60 mg L⁻¹. All experiments were performed in triplicate and were used planarians exposed only to ionic solution as the control. Each day, for 30 days, all Petri dishes were photographed and the corporal area of each animal was measured using the software AxioVision SE64. The value of the corporal area was represented in square pixels. During the 30 days of investigation, all the planarian fragments were fed once a week with small portions of bovine liver with about 5 g.

Statistical Analysis

The mean corporal area values for each assay were plotted against the time of the experiment in the GraphPad Prism 6.0 software. The mean body area values were compared at $t = 30$ days by using ANOVA followed by Tukey test, considering $p < 0.05$ as significant. Slopes of cumulative gridlines crossed against the time were calculated using linear regression in the GraphPad Prism 6.0.

Results and discussion

The polysaccharide fraction was isolated with a yield of 0.65% and its FTIR spectrum was correlated perfectly with the bands found in the FTIR spectrum previously published (Kungel *et al.*, 2018). Investigations using 1D and 2D NMR were previously performed for this polysaccharide fraction (Dartora *et al.*, 2013).

For the biological assay, the body area of planarians was measured in photographs using the AxionVision SE64 software. The mean of area values was plotted against the time, yielding a growth curve for each planarian segment and each concentration. The effect of polysaccharide isolated from yerba mate on planarian regeneration was assessed in a pilot assay at concentrations of 0.6, 1, and 2 mg L⁻¹. These concentrations did not produce improvement on planarian regeneration or toxic effects on the exposed organisms.

Due to the lack of effect at these concentrations, the assay was repeated using 10, 20, and 60 mg L⁻¹ of polysaccharide fraction. The heads of planarians exposed to a concentration of 10 mg L⁻¹ had greater effect on growth than the control. At 60 mg L⁻¹, it was noteworthy that the medium of body area was lower than the control group, indicating the presence of toxicity. In concentrations of 20 mg L⁻¹, the response was similar to the control, which may be associated with the presence of slight toxicity. From $t = 10$ days, the head portion presented linear growth (Figure 1A).

Considering the growth of the pharynx (Figure 1B), it may be observed that 10 and 20 mg L⁻¹ produced similar responses and improved the growth if compared to the control, while 60 mg L⁻¹ produced a response similar to the control. This last finding may be linked with the slight toxicity of 60 mg L⁻¹ in pharynx planarians. The existence of pharynx, as anatomic structures used for food ingestion, may have allowed the growth of the pharynx segment to start before the growth of the head segment, as can be observed on the graph (Figure 1B), where the linear growth starts at $t = 5$ days. In planarians, the pharynx is considered an autonomous organ with a differentiated structure, specialized function, and specific characteristics associated with its regeneration (Kreshchenko, 2009). In relation to the tail (Figure 1C), smaller effects of polysaccharide fraction on planarian growth were found. When compared with the pharynx, a higher time was necessary to initiate growth. Therefore, each planarian segment required differing amounts of time to detect trauma and activate its repair process.

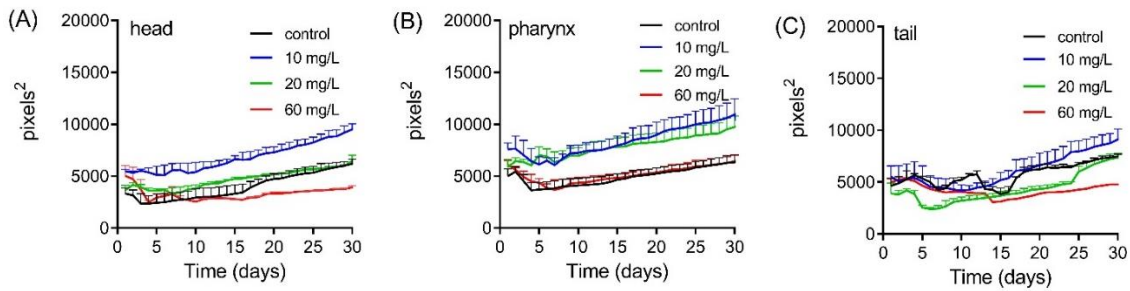


Figure 1 - Regeneration profile of the A) head, B) pharynx, and C) tail fragments of planarians treated with polysaccharide fraction from yerba mate (10, 20, and 60 mg L⁻¹) monitored for 30 days. The data are presented as mean \pm standard error of measurements performed in three independent experiments. The red line (60 mg L⁻¹) is due to the deaths of some segments, it was not possible in these cases to conduct the assay in triplicate.

The first step in the regeneration of planarians involves muscle contraction and epidermis extension on the wound, a process that leads to injury closure. As a result of these changes, cells identified as blastema are organized under the epidermis and the replacement of missing segments is started (Wenemoser e Reddien, 2010). This mechanism may be responsible for the decrease in size of the wound or the lack of growth observed in the first days after injury. It was also observed that the ejection of the planarian pharynx into its head and tail segments occurred in the first 3–4 days after amputation, suggesting the existence of a selection of tissues for replacement during body growth. This fact supports the idea of planarian feeding for the development of other structures. It should be noted, however, that the improvement in animal size occurred only after the fifth day (Figure 1A,B). An investigation into planarian form *Schmidtea mediterranea* species reported that the new pharynx became visible 5–6 days after amputation (Wenemoser e Reddien, 2010).

The higher concentration (60 mg L⁻¹) produced different effects in each planarian segment. For head and tail segments, this concentration produced curves below the control curve, while for the pharynx, this concentration yielded a behavior similar to the control group. Another interesting aspect observed when investigating the difference in toxicity of the polysaccharide fraction on planarian segments was that the pharynx was the only segment in which loss of organism was not observed, a fact that did not occur for assays with heads and tails.

In addition, it was observed that, by the end of the investigation, the concentration 10 mg L⁻¹ produced higher planarians than the control group, for planarians developed from head (Figure 2A). The concentration of 60 mg L⁻¹ was not analyzed in Figure 2 because the experiment was not finalized in triplicate due to deaths occurring in some replicates. The regeneration potential of the investigated sample can be better analyzed by calculating the improvement in percentage body area relative to the control after 30 days. When this analysis was performed for 10 mg L⁻¹, the planarians originating from the head segment were 54% higher than the control (Figure 2A). More expressive results were obtained when this comparison was performed with organisms originating from the pharynx, which, after 30 days, were 72% higher than the control group (Figure 2B). The lowest effect of polysaccharide fraction was observed in the tail, which after 30 days at a concentration of 10 mg L⁻¹ yielded planarians 22% higher than the control group (Figure 2C).

Our results provide support for the role of polysaccharide fraction from yerba mate on tissue repair in planarian model. A rhamnogalacturonan isolated from yerba mate at a dose of 10 mg kg⁻¹ improved the survival rate of rats with sepsis, which compared favorably with the dexamethasone used as the control. The investigation also highlighted that this dose of

polysaccharide fraction inhibited the expression of the inflammatory enzymes nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 in 29% and 32%, respectively (Dartora *et al.*, 2013).

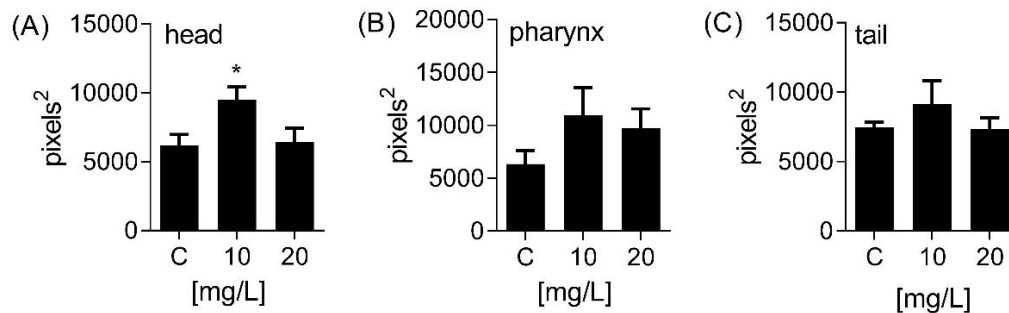


Figure 2 - Comparison of corporal body area in planarians originating from A) head, B) pharynx, and C) tail after 30 days. The data are represented as mean \pm standard deviation. * $p < 0.05$ in relation to the control group according to analysis of variance followed by the Tukey's test.

The gastroprotective effect of the polysaccharide fraction of yerba mate against ethanol-induced gastric lesions in rats was also investigated. Polysaccharide fraction at 10 mg kg⁻¹ produced a similar result as rats treated with omeprazole 10 mg kg⁻¹ (Maria-Ferreira *et al.*, 2013). The same material produced antioxidant activity in DPPH assay with an IC₅₀ value of 1.25 mg mL⁻¹ and antimicrobial activity against several bacterial and fungal strains (Kungel *et al.*, 2018), which can help to explain its effect on sepsis (Dartora *et al.*, 2013). The safety of this compound was demonstrated in PLP2 cells (liver), up to the maximum concentration tested (400 mg mL⁻¹) (Kungel *et al.*, 2018).

Planarians have been used in many studies linked to regeneration. Nevertheless, it is difficult to compare regeneration quantitatively between animals treated in different ways (Adler *et al.*, 2014). Investigations of the effect of certain compounds on planarian regeneration is mainly monitored by immunostaining of mitotic active cells (Kreshchenko *et al.*, 2008) and analysis of blastema size using light contrast microscopy (Ermakova *et al.*, 2009; Porfiriev *et al.*, 2017). In this context, digital analysis of photographs for evaluation of planarian body growth is another advance reported in our investigation that may be explored in future investigations. This approach is widely used in toxicological studies using the nematode *Caenorhabditis elegans* (Soares *et al.*, 2019; Gonçalves *et al.*, 2020).

The effect of structurally different compounds was assessed on planarian growth. Some studies reported a negative effect of indole on planarian regeneration (Lee *et al.*, 2018), as well as an improvement in growth produced by F neuropeptide (Kreshchenko *et al.*, 2008). Also, melatonin was found to selectively reduce the mitotic activity of cells in the anterior portion of the planarians, without effect on posterior end's regeneration (Ermakova *et al.*, 2009). However, our results are the first investigation of the effect of a polysaccharide isolated from plants on this animal.

Conclusion

The polysaccharide fraction isolated from yerba mate leaves at 10 mg L⁻¹ improved the regeneration of amputated planarians. The organisms obtained by treating with this concentration were 22–72% higher than the control group at the end of 30 days. A concentration of 60 mg L⁻¹ showed toxic effects on planarians, mainly on the head and tail. These results

show that the polysaccharide fraction from yerba mate leaves represents a potential use in the process of tissue regeneration.

References

- ADLER, C. E. et al. Selective amputation of the pharynx identifies a FoxA-dependent regeneration program in planaria. *eLife*, v. 3, p. e02238, 2014.
- DARTORA, N. et al. Rhamnogalacturonan from *Ilex paraguariensis*: a potential adjuvant in sepsis treatment. *Carbohydr Polym*, v. 92, n. 2, p. 1776-82, Feb 15 2013.
- ERMAKOVA, O. N. et al. Melatonin effect on the regeneration of the flatworm *Girardia tigrina*. *Ontogenez*, v. 40, n. 6, p. 466-469, 2009 Nov-Dec 2009.
- FAION, A. M. et al. Influence of the addition of natural antioxidant from mate leaves (*Ilex paraguariensis* St. Hill) on the chemical, microbiological and sensory characteristics of different formulations of Prato cheese. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 3, p. 1516-1524, 2015/03/01 2015.
- GONÇALVES, I. L. et al. New pharmacological findings linked to biphenyl DHPMs, kinesin Eg5 ligands: anticancer and antioxidant effects. *Future Medicinal Chemistry*, v. 12, n. 12, p. 1-18, 2020.
- KRESHCHENKO, N. D. Pharynx regeneration in planarians. *Russian Journal of Developmental Biology*, v. 40, n. 1, p. 1-13, 2009.
- KRESHCHENKO, N. D. et al. Effects of neuropeptide F on regeneration in *Girardia tigrina* (Platyhelminthes). *Cell and Tissue Research*, v. 331, n. 3, p. 739-750, 2008.
- KUNDEL, P. T. A. N. et al. Antioxidant and antimicrobial activities of a purified polysaccharide from yerba mate (*Ilex paraguariensis*). *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 114, p. 1161-1167, 2018/07/15/ 2018.
- LEE, F. J. et al. The Bacterial Metabolite Indole Inhibits Regeneration of the Planarian Flatworm *Dugesia japonica*. *iScience*, v. 10, p. 135-148, 2018/12/21/ 2018.
- LEWINSKI, C. S. et al. Effects of UV light on the physico-chemical properties of yerba-mate. *Nutrition & Food Science*, v. 45, n. 2, p. 221-228, 2015. I
- MARIA-FERREIRA, D. et al. Chemical and biological characterization of polysaccharides isolated from *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. *Int J Biol Macromol*, v. 59, p. 125-33, Aug 2013.
- MOLIN, R. F. et al. Total Phenolic Contents and Antioxidant Activity in Oxidized Leaves of Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 57, n. 6, p. 997-1003, 2014.
- MOLIN, R. F. et al. Assessment of oxidation of leaves of *Ilex paraguariensis* (St. Hil) *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 54, n. 2, p. 337-345, 2011.
- PAGAN, O. R. Planaria: an animal model that integrates development, regeneration and pharmacology. *Int J Dev Biol*, v. 61, n. 8-9, p. 519-529, 2017.
- PAGÁN, O. R.; COUDRON, T.; KANERIA, T. The flatworm planaria as a toxicology and behavioral pharmacology animal model in undergraduate research experiences. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*, v. 7, n. 2, p. 48-52, 2009.
- PAGÁN, O. R.; ROWLANDS, A. L.; URBAN, K. R. Toxicity and behavioral effects of dimethylsulfoxide in planaria. *Neuroscience Letters*, v. 407, n. 3, p. 274-278, 2006/10/30/ 2006.
- PORFIRIEV, A. et al. The Effect of l-Ascorbate 1-(2-Hydroxyethyl)-4,6-Dimethyl-1,2-Dihydropyrimidin-2-One on the Regeneration of the Planarian *Girardia tigrina*. *BioNanoScience*, v. 7, n. 4, p. 570-573, 2017/12/01 2017.
- PRECI, D. et al. Formulation of light yogurt using extract of mate tea (*Ilex paraguariensis* St. Hil) and probiotic addition/Desenvolvimento de iogurte light com extrato de erva-mate (*Ilex*

- paraguariensis St. Hil) e adicao de probi6ticos. *Brazilian Journal of Food and Nutrition*, v. 22, n. 1, p. 27-39, 2011.
- RAFFA, R. B. *Planaria: a model for drug action and abuse*. CRC Press, 2008.
- RIBEIRO, D. M. L. et al. Polysaccharide-Based Formulations for Healing of Skin-Related Wound Infections: Lessons from Animal Models and Clinical Trials. *Biomolecules*, v. 10, n. 1, p. 63, 2020.
- SOARES, F. G. N. et al. Novel coumarins active against *Trypanosoma cruzi* and toxicity assessment using the animal model *Caenorhabditis elegans*. *BMC Pharmacology and Toxicology*, v. 20, n. 76, p. 1-13, 2019/12/19 2019.
- STOCCHINO, G. A. et al. The invasive alien freshwater flatworm *Girardia tigrina* (Girard, 1850)(Platyhelminthes, Tricladida) in Western Europe: new insights into its morphology, karyology and reproductive biology. *Contributions to Zoology*, v. 1, n. aop, p. 36-56, 2019.
- VALDUGA, A. T. et al. Phytochemical profile of morphologically selected yerba-mate progenies. *Ci4ncia e Agrotecnologia*, v. 40, n. 1, p. 114-120, 2016.
- VALDUGA, A. T. et al. Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. *Food Research International*, v. 120, p. 478-503, 2019/06/01/ 2019.
- WENEMOSER, D.; REDDIEN, P. W. Planarian regeneration involves distinct stem cell responses to wounds and tissue absence. *Dev Biol*, v. 344, n. 2, p. 979-91, Aug 15 2010. ISSN 0012-1606.
- WU, J. P.; LI, M. H. The use of freshwater planarians in environmental toxicology studies: Advantages and potential. *Ecotoxicol Environ Saf*, v. 161, p. 45-56, Oct 2018.
- ZANCHETT, C. S. et al. Desenvolvimento de chocolate branco com extrato de erva-mate *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 19, 2016.
- ZHU, T. et al. Recent Progress of Polysaccharide-Based Hydrogel Interfaces for Wound Healing and Tissue Engineering. *Adv. Mater. Interfaces*, v. 6, n. 17, p. 1900761, 2019.

Relevamiento de la diversidad fúngica entomopatógena asociada a cultivos orgánicos de yerba mate en Paraguay.

Gonzalez, Claudia E.^{1,*}; Albrecht, Mónica L.¹; Bich, Gustavo A.²; Castrillo María L.²

¹Profesor. Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias y Tecnología, Abg. Lorenzo Zacarias N° 255 c/ Ruta PY01 Km 2.5, Encarnación, Paraguay, *claudiagonzalez@cyt.uni.edu.py

²Profesor. UNaM, CONICET, FCEQyN, InBioMis, Misiones, Argentina.

Resumen: Paraguay es considerado uno de los principales productores, industrializadores y consumidores de yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). El rendimiento de este cultivo se ve afectado por el ataque de diversas plagas. Evaluar la potencialidad de la aplicación de hongos entomopatógenos es una estrategia que puede ser aplicada por la agricultura sostenible, tan buscada para mantener la biodiversidad y mantener el equilibrio ecológico. En la presente contribución, se realizó el relevamiento de la diversidad fúngica entomopatógena asociada a cultivos orgánicos de yerba mate en la ciudad de Bella Vista, departamento de Itapúa, Paraguay. Para ello se analizaron muestras colectadas de 12 sitios georreferenciados de los yerbales orgánicos certificados—del distrito de Bella Vista, Itapúa. Se realizó el aislamiento y caracterización de todas las cepas fúngicas encontradas en las muestras de insectos vivos y muertos. Se aplicó la metodología de siembra directa en placa y se analizaron las colonias macro y microscópicamente. Como resultado, y con las condiciones ambientales favorables se pudo aislar el hongo entomopatógeno *Beauveria*, como así también colonias fúngicas de los géneros *Alternaria*, *Rhizopus*, *Absidia*, *Mucor*, *Aspergillus* y *Fusarium* infectando los tejidos de insectos muertos. En todos los sitios de muestreo los géneros *Alternaria*, *Aspergillus* y *Fusarium* fueron los que principalmente se aislaron. Todos los aislamientos fueron conservados en cepario para futuros ensayos de patogenicidad. Durante los últimos muestreos (Enero-Febrero/2022), se evidenció baja diversidad fúngica asociada a los insectos vivos y muertos de plantaciones de yerba mate, lo cual pudo deberse a las intensas sequías que acontecieron durante esos meses a la región. La baja frecuencia en que se encontraron los hongos entomopatógenos podría estar relacionado al tipo de manejo del cultivo, a la disponibilidad de hospedadores susceptibles, a la virulencia del patógeno, y a otras características del cultivo hospedante. Sin embargo, varios autores afirman que los factores climáticos como la temperatura, lluvia y humedad están fuertemente correlacionados con la infección de insectos por hongos entomopatógenos, lo que afecta drásticamente la presencia de insectos plagas y la de hongos biocontroladores.

Palabras clave: Hongos entomopatógenos. Yerbales orgánicos. Diversidad

Introducción

El cultivo de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) tiene gran importancia comercial y cultural, ya que sus hojas se consumen como una bebida tradicional llamada mate (infusión caliente) o también en forma fría denominada tereré (Zelada & González, 2019). En este sentido, Paraguay es considerado uno de los principales productores e industrializadores de esta planta, siendo a su vez uno de los mayores consumidores mundiales (Gonzales Castillo et al., 2012a).

Entre las plagas más frecuentes de los yerbales se pueden citar, el tigre o taladro de la yerba mate (*Hedypathes betulinus*) y el rulo o psílido de la yerba mate (*Gyropsylla spegazziniana*) que ocasionan grandes pérdidas económicas (Burtnik, 2006; Iede et al., 2000).

Los factores climáticos que afectan los yerbales también impactan negativamente sobre el crecimiento de los hongos. El rango favorable de temperatura para los diferentes grupos de

entomopatógenos varía entre 20 y 30 °C, aunque, existe una temperatura ideal para cada patógeno y para cada fase del ciclo de la relación con su hospedante. Incluso la exposición a la luz ultravioleta puede ser letal para los conidios de los patógenos (Berlanga Padilla & Hernández Velázquez, 2002b).

Los tres géneros de hongos entomopatógenos más utilizados en yerbales de Argentina, Brasil y Paraguay son *Beauveria*, *Paecilomyces* y *Metarhizium*, ya que tienen una alta especificidad y han demostrado su efecto como bioinsecticidas atacando insectos que son plagas potenciales de los yerbales (Gonzales Castillo et al., 2012b).

Evaluar la potencialidad de la aplicación de hongos entomopatógenos mediante el aislamiento y ensayos in vitro y a campo de su capacidad de biocontrol o bioinsecticida es una estrategia que puede ser aplicada por la agricultura sostenible, tan buscada para mantener la biodiversidad y mantener el equilibrio ecológico (Schapovaloff et al., 2015a).

Algunas empresas yerbateras que producen yerba mate orgánica están utilizando esporas comerciales de hongos entomopatógenos como bioinsecticidas, pero éstos al no estar adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la región, hacen menos efectivo el proceso de infección y control por los hongos biocontroladores, generando menos protección a los cultivos (Berlanga Padilla & Hernández Velázquez, 2002a). Ante esta situación se propuso identificar la diversidad fúngica entomopatógena asociada a cultivos orgánicos de yerba mate en la ciudad de Bella Vista, departamento de Itapúa, Paraguay.

Materiales y Métodos

Las tomas de muestras de los insectos vivos y muertos se realizaron en 12 puntos georreferenciados de los yerbales orgánicos certificados pertenecientes a una empresa yerbatera de la ciudad de Bella Vista, departamento de Itapúa, Paraguay. Para la preparación de las muestras se utilizó la metodología propuesta por Jerke et al. (2019). Se evaluaron las áreas del yerbal con mayor ataque por plagas. Para la georreferenciación se utilizó la aplicación GPS Fields Área Measure PRO, con sistema operativo Android. En el mes de Octubre/2021 se tomaron muestras de 3 sitios (P1, P2 y P3), en noviembre-diciembre/2021 en 4 sitios (P4, P5, P6 y P7) y en Enero-Febrero/2022 se tomaron en 5 sitios (P8, P9, P10, P11 y P12).

Las muestras se transportaron al laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Itapúa, (UNI). Los insectos muertos recolectados fueron colocados en cámaras húmedas para evaluar si fueron afectados por hongos y favorecer su desarrollo y aislamiento. El aislamiento de los hongos se realizó por punción directa apoyando un asa aguja sobre el cuerpo del insecto, y realizando la siembra en 3 o 4 puntos en placas de Petri con medio agar papa dextrosa (Britania SA, PDA 3.9 % p/v), adicionadas con el antibiótico cloranfenicol (0,5 mg/L). Todo este procedimiento se realizó bajo flujo laminar. Las placas fueron rotuladas e incubadas a 25 °C durante 5 a 7 días (Gonzalez et al., 2013; Humber, 1997a).

Las colonias fúngicas, se observaron macroscópica y microscópicamente. Se utilizó un microscopio óptico Zeiss Primo Stard Trinocular con cámara digital incorporada para capturar las imágenes obtenidas con los aumentos de 400X y 1000X. Para la identificación microscópica de las especies de hongos se utilizó la guía taxonómica del Dr. Ricardo Humber (Humber, 1997b). La identificación de las colonias fúngicas se realizó tanto en el laboratorio de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UNI, como en el laboratorio del Instituto de Biotecnología Misiones, InBioMis- Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

Para la preservación de las colonias fúngicas de interés se confeccionó un cepario microbiológico, se cargó 0,6 mL de PDA a tubos eppendorf de polipropileno flexible de 2 mL de capacidad con tapa a presión. Se esterilizaron en autoclave durante 15 min a 121 °C y una

atmósfera de presión superior a la normal, y se dejaron enfriar en posición vertical hasta solidificar. Se procedió a extraer con sacabocados pequeños discos cubiertos de micelio joven de cada colonia fúngica y se colocaron asépticamente en el interior de cada eppendorf. Luego, se sellaron y se incubaron a 25 °C hasta observar desarrollo para luego refrigerarlos (Berlanga Padilla & Hernández Velázquez, 2002a; Oliveira et al., 2011a).

Resultados y Discusión

A partir de los diferentes puntos donde se recolectaron las muestras, se pudo observar que la principal plaga que afecta o ataca estos yerbales orgánicos es el rulo o psílido de la yerba mate, seguida por el taladro y el ácaro del bronceado, los cuales han sido relevantes en los últimos años como plagas de los yerbales de la zona. En noviembre y diciembre/2021 se observaron los mayores daños por ataques de plagas especialmente por el rulo de la yerba mate (ADN Digital, 2022).

De todos estos muestreos se lograron obtener 48 unidades muestrales compuestas por insectos vivos y muertos. A partir de los muestreos realizados durante los meses Octubre/2021 (P1, P2 y P3) y noviembre-diciembre/2021 (P4, P5, P6 y P7), se lograron aislar e identificar diversas colonias fúngicas desarrolladas sobre insectos plagas muertos en hojas de yerba. Estas colonias pertenecieron principalmente a los géneros *Alternaria*, *Rhizopus*, *Absidia*, *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Fusarium* (Figura 1). Asimismo, se logró aislar e identificar una cepa del hongo entomopatógeno perteneciente al género *Beauveria* como se muestra en la Figura 1 (Alves et al., 2013).

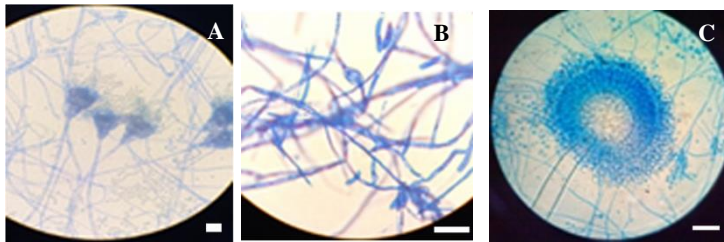


Figura 1. Microfotografías del proceso de identificación de cepas fúngicas asociadas a yerbales orgánicos **a.** Fotografía microscópica de estructuras reproductivas de *Penicillium* (40X). **b.** Fotografía microscópica de estructuras reproductivas de *Fusarium* (100X). **c.** Fotografía microscópica de estructuras reproductivas de *Aspergillus* (100X). Barras = 1,2 μ m.

En yerbales de Misiones Argentina se realizaron estudios de prospección en insectos jóvenes y adultos de *G. spegazziniana* y *H. betulinus*, y no se encontraron infecciones fúngicas in situ como tampoco en condiciones de laboratorio, no obstante, se lograron aislar *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Purpureocillium lilacinum* a partir del suelo de los yerbales. En ensayos de patogenicidad el hongo *B. bassiana* mostró baja mortandad frente al psílido *G. spegazziniana* y *M. anisopliae* casi nula, aunque ambas cepas fueron efectivas sobre el coleóptero *H. betulinus* (Schapovaloff et al., 2015b).

Pucheta *et al.*, (2006) han reportado que los insectos del orden coleóptera presentaron mayor susceptibilidad al ataque del hongo *B. bassiana* que los insectos del orden hemíptera al que pertenece *G. spegazziniana* (Pucheta Díaz et al., 2006).

Posiblemente esta condición, sumada a las condiciones extremas de sequías y temperaturas presentadas en el año 2021 en los diferentes sitios de muestreos (1 al 12) hayan determinado la baja frecuencia de *B. bassiana* en los yerbales atacados por el psílido o rulo de la yerba mate. Las observaciones macroscópicas de la cepa fúngica permitieron identificar una colonia de crecimiento rápido de aspecto algodonosa, elevada y de color blanco al anverso y color amarillo

al reverso, al cabo de 10 días de incubación. Las características microscópicas permitieron observar micelio septado y células conidiógenas con forma de “matraz” o base ensanchada y de disposición agrupadas en cúmulos. Se pudo observar que en el extremo terminal de las células conidiógenas emergieron múltiples conidias en cadena en un raquis con una disposición en zigzag. Las conidias fueron hialinas y lisas, de estructura globosa a subglobosa (Figura 2). Todas estas características macro y microscópicas permitieron inferir su pertenencia a la especie *B. bassiana*. Sin embargo, es necesario realizar la identificación molecular de esta cepa fúngica para corroborar su identificación.

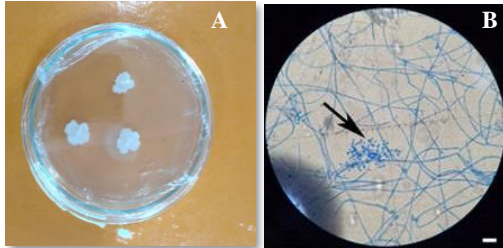


Figura 2. A. Fotografía de tres colonias fúngicas del género *Beauveria* aislado a partir del cadáver de una hembra adulta de *Gyropsylla spegazziniana* B. Fotografía microscópica del cultivo fúngico de *Beauveria*. Disposición en zigzag del raquis (flecha). (40X). Barra = 1,2 μm .

Sin embargo, durante los muestreos realizados en enero-febrero/2022 (P8, P9, P10, P11 y P12) se evidenció baja diversidad fúngica asociada a los insectos vivos y muertos de plantaciones de yerba mate. Sólo se lograron aislar e identificar colonias fúngicas pertenecientes a los géneros *Aspergillus* y *Fusarium*. Cabe destacar que en los meses de Diciembre/2021 a Febrero/2022 se evidenció una de las sequías más importantes por las que ha atravesado el país, lo que ha ocasionado grandes pérdidas en los yerbales que se vieron afectados en su producción de biomasa. Debido al muestreo realizado en el presente trabajo, se puede argumentar que estas condiciones climáticas extremas también se han reflejado en una disminución de la población de insectos plagas, por lo cual la recolección en los últimos meses de muestreo ha resultado muy escasa.

Como lo referenciaron García et al, (2011) respecto al comportamiento de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* aislados de insectos muertos encontrados en el mantillo de suelos agrícolas, el género *B. bassiana* ha tenido muy baja presencia en épocas de escasas lluvias y sequías intensas aumentando su presencia durante los meses lluviosos con mayor humedad y temperaturas de 20-30°C, condiciones propicias para la dispersión de sus esporas y germinación. No obstante, el género *M. anisopliae* se encontró invadiendo tejidos de insectos muertos cuando las temperaturas llegaron a 40°C. Estos datos evidencian la importancia que tienen las condiciones climáticas en el desarrollo de algunos patógenos y que deben ser tenidas en cuenta para futuros estudios de patogenicidad (García García et al., 2011). Ha sido reportado que factores climáticos como la temperatura, lluvia y humedad están correlacionados con la infección de insectos por hongos entomopatógenos (Yagimuma, 2007; Jaronski, 2010; Clifton et al., 2015). Quintela (1986), ha reportado el efecto de las altas temperaturas sobre la persistencia en el tiempo de las conidias de *B. bassiana*, en condiciones de campo. Así también Guerra et al. (2009) reportaron el efecto de la temperatura sobre la persistencia de las conidias en el suelo siendo *M. anisopliae* más resistente que *M. acridum* (Bich, 2017a).

A su vez, en estudios realizados por Klingen et al. (2002) se reportó una mayor cantidad de hongos entomopatógenos en suelos de producción agrícola orgánica, sobre los suelos

convencionales apoyando aún más la relación entre presencia del hongo en función al manejo de los cultivos. Así mismo, se ha reportado que en cultivos de soja de Brasil con labranza mínima se vio favorecido la prevalencia de algunas especies de hongos entomopatógenos como *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *Paecilomyces* en el suelo, respecto a suelos con labranza convencional o intensiva (González Baca et al., 2019).

Cepas pertenecientes a los géneros *Aspergillus* y *Fusarium* fueron aisladas e identificadas en la mayoría de las muestras procesadas en el laboratorio. Una cepa de *Fusarium* fue incluso recuperada e identificada a partir de un insecto muerto de *Gyropsylla* colectado del yerbal muestreado como se observa en la Figura 3 (Castrillo, 2010).

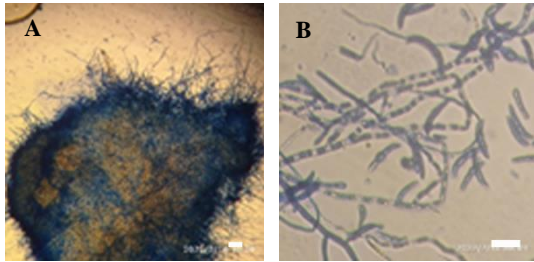


Figura 3. **A.** Cadáver de una ninfa de *Gyropsylla spegazziniana* donde se observan hifas de *Fusarium* emergiendo del cuerpo (4X) Barra = 35 μm . **B.** Micrografía de *Fusarium* donde se observan las estructuras de reproducción (100X) Barra = 1,2 μm .

La gran cantidad de hongos *Aspergillus*, *Fusarium* y *Alternaria* encontrados en los tejidos de insectos muertos, incluso a pesar de las condiciones extremas de sequía, ameritaría un estudio posterior de su entomopatogenicidad en condiciones controladas de laboratorio con la finalidad de profundizar el conocimiento del posible uso de este hongo nativo como biocontrolador de plagas.

Las cepas fúngicas fueron conservadas y resguardados en condiciones controladas de temperatura y humedad. En pasos posteriores de la investigación se procederá a realizar la identificación a nivel de especie de cada cepa fúngica ingresada a cepario.

La importancia de confeccionar un cepario además de respaldar y evidenciar el trabajo de investigación desarrollado, radica en la preservación del germoplasma y la genética de los hongos encontrados en los yerbales a los efectos de futuras investigaciones (Bich, 2017b; Jenkins & Grzywacz, 2000; Oliveira et al., 2011b).

La cepa de *B. bassiana* aislada fue resguardada en el cepario a los efectos de realizar futuros pruebas moleculares y las cepas de géneros *Alternaria*, *Aspergillus* y *Fusarium* conservados en cepario para futuros ensayos de patogenicidad.

Con el desarrollo de este trabajo se sentaron las bases para el conocimiento relacionado al acervo de hongos presentes en yerbales orgánicos del Sur de Paraguay. Asimismo, se establecieron nexos entre la Universidad Nacional de Itapúa y el sector Productivo Primario Yerbatero Paraguayo con la finalidad de potenciar una cooperación mutua en temas de investigación relacionados al uso de microorganismos nativos para el control de plagas en los cultivos.

Conclusiones

A partir del relevamiento de la diversidad fúngica entomopatógena asociada a cultivos orgánicos de yerba mate, se encontró una cepa del hongo entomopatógeno del género *Beauveria* y se aislaron e identificaron hongos de los géneros *Alternaria*, *Rhizopus*, *Absidia*, *Mucor*,

Penicillium, *Aspergillus* y *Fusarium* infectando los tejidos de adultos muertos de *Gyropsylla spegazziniana*.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección de Investigación y Ambiente de la Universidad Nacional de Itapúa por financiar el trabajo de investigación a partir del cual surgieron los datos presentados en este trabajo.

Referencias Bibliográficas

- BUTIUK, A. P., MARTOS, M. A., ADACHI, O., & HOURS, R. A. (2016). Study of the chlorogenic acid content in yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): Effect of plant fraction, processing step and harvesting season. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(1), 27–33.
- CABO MASIP, T., ALENTADO MORELL, N., & DALMAU SERRA, J. (2008). Nuevas recomendaciones diarias de ingesta de calcio y vitamina D: Prevención del raquitismo nutricional. *Acta Pediátrica Española*, 66(5), 233–236.
- CORREA CUEVAS, LAURA PALOMA. HERNÁNDEZ BALTAZAR, E. (2012). El uso de las microondas en la industria farmacéutica. *Revista Mexicana de Ciencias Forestal*, 13(2), 112.
- DE CAMPOS, R. M. L., HIERRO, E., ORDÓÑEZ, J. A., BERTOL, T. M., TERRA, N. N., & DE LA HOZ, L. (2007). Fatty acid and volatile compounds from salami manufactured with yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract and pork back fat and meat from pigs fed on diets with partial replacement of maize with rice bran. *Food Chemistry*, 103(4), 1159–1167.
- DELADINO, L., ANBINDER, P. S., NAVARRO, A. S., & MARTINO, M. N. (2008). Encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers*, 71(1), 126–134.
- DOYMAZ, I. (2005). Drying characteristics and kinetics of okra. *Journal of Food Engineering*, 69(3), 275–279.
- ESCALADA, G., BRUMOVSKY, L. A., & HARTWIG, V. G. (2011). Influencia de la zona de cultivo y procesamiento de la yerba mate sobre su contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante. *Ciencia y Tecnología*, 66–74.
- FALGUERA, V., ALIGUER, N., & FALGUERA, M. (2012). An integrated approach to current trends in food consumption: ¿Moving toward functional and organic products? *Food Control*, 26(2), 274–281.
- FANG, Z., & BHANDARI, B. (2010). Encapsulation of polyphenols - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 510–523.
- FUNDUEANU, G., NASTRUZZI, C., CARPOV, A., DESBRIERES, J., & RINAUDO, M. (1999). Physico-chemical characterization of Ca-alginate microparticles produced with different methods. *Biomaterials*, 20(15), 1427–1435.
- GEORGE, M., & ABRAHAM, T. E. (2006). Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan - a review. *Journal of Controlled Release*, 114(1), 1–14.
- LÓPEZ, A. F., DELADINO, L., NAVARRO, A. S., & MARTINO, M. N. (2012). Encapsulación de compuestos bioactivos con alginatos para la industria de alimentos. *Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 10(1), 18–27.
- MUNIN, A., & EDWARDS-LÉVY, F. (2011). Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review. *Pharmaceutics*, 3(4), 793–829.

- RODRIGUEZ, A. (2014). Ósmosis Directa-Microondas Y Secado Convectivo Por Aire Caliente- Microondas) Para La Deshidratación De Frutos Del Bosque. Universidad Nacional de La Plata.
- SCHMALKO, M. E., ACUÑA, M. G., & SCIPIONI, G. P. (2012). The Use of Maltodextrin Matrices to Control the Release of Minerals from Fortified Mate. 1(March), 17–25.
- STEPHEN BRUNAUER, L. S. DEMING, W. E. D. A. E. T. (1940). On a Theory of the van der Waals Adsorption of Gases. 62(6), 1723.
- THEA, ANA EUGENIA; BOHACZENKO, ERIKA ALEJANDRA; SCHMALKO, M. E. (2012). VARIACIÓN del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la yerba mate según diferentes tipos de estacionamiento. 1–6.
- VALERGA, J., RETA, M., & CECILIA, M. (2012). LWT - Food Science and Technology Polyphenol input to the antioxidant activity of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extracts. LWT - Food Science and Technology, 45(1), 28–35.

Soil trends in the Atlantic Forest remnant at the Argentinian – Brazil Iguazú National Park buffer zone

Fasano, María Cecilia^{1,2,*}; Castrillo, María Lorena^{1,2}; Rohatch, Pablo³; Onetto, Andrea^{1,2}; Amerio, Natalia^{1,2}; Barengo Marcela^{1,2}; Cortese, Julieta^{1,2}; Pedrozo, Tania^{1,2}; Sadañoski, Marcela^{1,2}; Velazquez, Juan^{1,2}; Bich, Gustavo^{1,2}; Zapata, Pedro Darío^{1,2}.

¹Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Biotecnología Misiones “Dra María Ebe Reca”. Laboratorio de Biotecnología Molecular. Posadas, Misiones. Argentina, *mcifasano@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentina.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. OIT Wanda, Misiones. Argentina.

Abstract: The remaining forest that constitutes the Iguazú National Park -INP- is a natural UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Atlantic Forest fragments shared by Argentina and Brazil Republics. The agronomic management in the Park limits based on physicochemical analysis, compromising its natural balance and function as a buffer zone for this forest fragment. The aluminum content may compromise the natural fertility and this phenomenon may be associated with chemical characteristics of the characteristic regional soils. The present research aimed to determine the aluminum content as the main acidification factor on oxisols, quantifying its amount by two techniques, starting in this way the mapping and analyzing of this soil in the three different agronomic management sampling points with yerba mate plantation in the INP buffer zone. The soil samples showed a low pH, with no detectable concentrations of Al³⁺ up to 0.15 m depth. This result signifies that the chemical barrier effects that harm the growth of plant roots in this case, are not transcendental for yerba mate crops or natural vegetation. The soil was classified as clayey in texture, very permeable to vertical and lateral movement of water, in addition to greater water retention in the subsurface with natural coverage. To expand the information and create a database for future studies, it is proposed to monitor the sampled parcels in further chemical and physical trends, to understand the dynamics of nutrients in this Atlantic Forest remnant and the micro soil biodiversity that sustain this dynamic.

Keywords: Natural fertility, Oxisols, Soil chemistry, Aluminum.

Introduction

The Atlantic Forest considered the second largest tropical rainforest on the American continent, is of considerable importance for the ecological balance. Before European colonization, this forest occupied more than 1.3 million km² of South America and currently only occupies just over 7% of the continent. It is rich in biodiversity and endemic species, being one of the world's hotspots (INSTITUTO BRASILEIRO FORESTAL, 2015).

Last centuries this region was intensely deforested and fragmented with extractives practices, agronomic policies, and the urbanization process in Argentina and Brazil territories. It is estimated that the forest was reduced to fragments, less than 10% with an area greater than 50 ha. Many coastal urban areas still have remnants of the Atlantic Forest, as well as the Iguazú National Park -INP- shared by Argentina and Brazil Republics with a total of 252,982 ha. These Atlantic Forest fragments provide more balance in local climatic conditions, mitigating the effects caused in cities by high rainfall and extreme temperatures (Lima et al., 2018).

In the Argentinian Misiones Province Atlantic Forest natural ecosystem, most of the mentioned Forest has been decimated since the colonial period, mainly for extractive indiscriminate

exploration and to the ending of the last, agronomic practices not adapted to oxisols and the forest itself. After deforestation, in the first years of agricultural exploitation of the land, it was common to obtain high productivity related to the yerba mate crops, however, as the number of cultivation cycles increased, production reduced, leading producers to the abandonment of depleted lands and exploration of new areas. This is because, contrary to what was believed, the soils under the Atlantic Forest do have not low natural fertility but this fertility produced by the forest is only secured under the natural redundant to mention forest that reassures the nutrient cycling (Espig et al., 2009).

According to the Brazilian soil classification system (Gonçalves dos Santos et al., 2018), the characteristic soils of the Atlantic Forest at the low Iguazú River, meaning the INP are highly evolved classes and weathered. As a consequence of the intense action of the formation processes, there is a removal of exchangeable cations of basic character (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , and Na^+) and residual concentration of exchangeable cations of acid character, mainly Al^{3+} . Thus, these soils are acidic, with low availability of nutrients and high saturation by Al^{3+} , which may hurt nutrition restricting root and aerial plant development, especially in dry periods. In those periods and soil types inadequate management provokes extremely hard consistency of these soils, and the plant's nutritional and structural support may be compromised. Without the natural cover these are extremely poor soils, the dense and vigorous vegetation that develops under them is almost exclusively maintained by nutrient cycling. In management strategies, the knowledge of the availability of different ions is a prerequisite, due to Al^{3+} being associated with the source of acidity in tropical soils (Ramos et al., 2018). In this sense and to start assessing the Al^{3+} amount in oxisols of INP buffer zone, the objective of this research was to determine the Al^{3+} as the initial boost to hint the chemical and physical characteristics consequence of a century of soil degradation practices.

Materials and methods

The research was carried out in the Comandante Andresito Municipality in Misiones State geographically located northwest of the city of Comandante Andresito, 20 km to the strict zone reservation of the INP on the Argentinian side and 5 km to the Brazilian side. The Park currently has no clear policies about agronomic management in its buffer zone management, relevant fact due this Park can be considered one of the largest fragments of the Atlantic Forest in Argentina and Brazil. The climate is subtropical humid type "Cfa" according to the Köppen-Geiger Climate Classification System (Koppen, 1936). This climate has an average monthly temperature above 20 °C, with annual rainfall above 1,500 mm and relative air humidity above 50%. Nevertheless, global climate change has made torrid effects extending dry seasons over summer from subsequent years. This effect contributes the turning the subtropical climate that portrays the INP zone into a tropical one. The vegetation cover is a fragment of dense ombrophile forest which in this region acquires the name of Paranaense Forest. The geological structure where the Paranaense forest rest is constituted by sedimentary sandy surfaces over the basaltic basin of the lower Iguazú River flood plain. The lower Iguazú River is geologically distinct from the rest of the Iguazú basin composed of volcanic flood basalts emerging from the Paraná group. Being a formation of the Cenozoic Pliopleistocene age composed of sandy-clay sediments these soils are constituted by red oxisol, ferrasol, or nitosol; highly weathered soils that acquire different names under most used classifications (FAO, 2001, 2009; Gonçalves dos Santos et al., 2018).

Soil samples were collected at three sampling points of the INP buffer zone into soil types previously described, in a trail of 35 km from the nearby city to a reservation adjacent to the Park which georeferences and agronomical management are described as follows. Site one: N

-25.660980, E -54.064147. Soil agronomic management is characterized by intense horizontal tillage, pesticides, and fertilizer - chemical agronomic management-. Site two: N -25.540221, E -54.143125. Soil agronomic management is characterized by an agroforestry system with “machete” -only physical management and not chemical- around yerba mate plants. Site three: N -25.540221, E -54.147128. Soil agronomic management is characterized by being null, the yerba mate plants are naturally grown under the Atlantic Forest with no management at all. At each collection point, four to five yerba mate plants were selected according to a scale of incidence and severity. From that scale, the most severe leafless plants were chosen to sample the soil within the tree top projection. This projection had made a perimeter in the soil surface that limits the rhizosphere and the bulk soil. At this perimeter three to four soil samples at fifteen cm in depth were taken with a gardener shovel after surface debarking. These sample points were mixed with the others selected yerba mate plants in a compound sample per sampled point. Each compound sample was divided into six to run a chemical analysis of pH, Al^{3+} ($\text{H}+\text{Al}$) was determined.

The soil was chemically analyzed following the techniques detailed by Marban and Ratto (2005). Soil pH was measured in a solution with a soil-water ratio of 1:2.5 using a pH meter HANNA Hi2221. Aluminum was extracted with potassium chloride 1 M and quantified spectrophotometrically at 395 nm. Al^{3+} was extracted with KCl 1 mol L⁻¹ and measured by atomic absorption spectrophotometry. This chemical analysis followed the methodologies proposed by Bigham (Bigham, 1996).

Also, it was determined using CIK as an extractant followed by colorimetric quantification as the Aluminum determination method proposed by the Association of Official Analytical Chemists (Bradley Hunter et al., 1981).

The water retention by estimation according to Génova et al. (2020), was up to five minutes in site three, four in site two, and two in site one.

Results and Discussion

The pH is one of the chemical properties of the soil of significant importance because it is directly related to the availability of nutrients and toxic elements. As a regulator of this availability, it affects forest nutrition, as nutrients may become unavailable. Also, as a more deleterious effect, the pH, when reacting to acid, can solubilize chemical elements too much that, in very high concentrations in the soil, can cause toxicity in plants, causing injuries to roots, as is the case with Al^{3+} . Therefore, acid cations such as aluminum and hydrogen are key to evaluating toxicity on Atlantic Forests soil.

The pH values in the three sites at 0-0.15 m deep, are averaged as follows. Site one: 5.2. Site two: 6.1 Site three, 6.3.

According to the chemical classification of Ribeiro et al. (1999), soils with a pH between 4.5 and 5.0 are of high acidity, and below 4.5 of very high acidity. Samples pH above these classes has high aluminum values as a characteristic companion of the Atlantic Forest oxisols (Toledo et al., 2013; Gonçalves dos Santos et al., 2018; Lima et al., 2018).

According to Caldas (2007), the high active acidity (pH) in regions with high rainfall is normal, because there is leaching of basic cations and the residual concentration of acidic cations, producers of H^+ . Particularly in the INP buffer zone, where rainfall is high and the basalt aquifer layers are considered superficial and therefore surface subjacent, a more acidic character of the soils was to be expected, but not found in the evaluated samples.

In tropical forests, there is a natural tendency for soils to present a more acidic reaction, mainly due to the mineralization of organic matter. If, on the one hand, this can compromise the availability of nutrients, on the other hand, this same organic matter produces organic acids that

chelate elements that, in high concentrations, can become toxic. This same mineralization, responsible for the more acidic reaction of forest soils, also accounts for the availability of nutrients through cycling, provided by mineralization. Therefore, systems in natural balance find their means to harmonize positive and negative effects (Gayer et al., 2021). In addition to the active acidity (pH), it was found that the soils had low exchangeable acidity, represented by the cation of the predominant acidic character in the soils, Al^{3+} . In all soil samples, the Al^{3+} content was not detectable.

With both methodologies, none of Al^{3+} was detectable in any site. With these data, the potential Al^{3+} presence was compared in relation to pH measured in each sample.

High values of soil exchangeable acidity are harmful to plant development, including forest species, due to the toxic effect of Al^{3+} in high concentrations. However, in tropical and subtropical forest soils, part of the Al^{3+} content is normally chelated by humic substances resulting from the decomposition of organic matter, which minimizes its toxic action (Hartwig et al., 2007). After its absorption by the plants, Al^{3+} prevents cell division, restricting the growth of plant tissues, especially the roots, thus limiting access to water and nutrients. In addition to these limitations, high concentrations of Al^{3+} in the soil, associated with low levels of Ca^{2+} can form a chemical barrier preventing vertical root growth (Dantas et al., 2014) considerably reducing the sustainability of the natural and implanted vegetation.

Basic cations should be evaluated in the future and low levels are expected according to the literature. It is convenient to point out that agricultural soil's behavior is very different from forest soil. The critical levels mentioned are obtained for high agricultural productions, almost at the peak of the maximum production of certain crops in conventional cultivation systems. In forest nutrition, nutrient cycling accounts for nutrients' natural balance (Lima et al., 2018). In this nutrition cycle, the involved microorganism communities are specific for the expressed biochemistry of the environment which diversity is still in the inceptive knowledge. Therefore, it is not very convenient to state that nutritionally poor soils exist under exuberant tropical forests because the criteria used to evaluate forest soils are not the most adequate and can lead to wrong conclusions (Vieira et al., 2022).

In Atlantic Forest soils, low base saturation values and the high Al^{3+} contents led to a high saturation of the Al^{3+} exchange complex and this saturation increased with depth. This fact is considered toxic for most plantations, and when surpassing the limit of 30% indicated, the adoption of gypsum is indicated by Alvarez in Ribeiro, 1999. It is likely that considerable chelation of this Al^{3+} by the organic acids produced by the organic matter is taking place, due to the absence of Al^{3+} toxicity symptoms in the cultures (Ribeiro et al., 1999).

It is likely that the large amount of organic matter present in the Atlantic Forest soils, when mineralized, are releasing a significant amount of H^+ , increasing the active acidity and also being responsible for the increase in potential acidity. In the Atlantic Forest soils mineralization increases with depth. On the surface humic acids increase acidic cation content. With a single exception, (H+Al) contents were in the low content Alvarez et al., (1999) class. Probably, the analyzed samples had their potential acidity levels minimized in depth. The yerba mate root development starts under 0.20 m from the surface. Natural vegetation seemed not to be affected in sites two and three as the mineralization of organic matter occurs naturally. Though the natural vegetation is exuberant, the agronomical management observed on site one would prevent the natural litter decomposition and mineralization processes and therefore this site is not able to promote high phytomass production (Vieira et al., 2022). Espig et al. (2009), studying a forest fragment of the Atlantic Forest, stated that the levels of nutrients quantified in the organic blanket justify the exuberance of a forest fragment on a soil of low fertility. The authors also argued that the nutrition of the fragment does not depend on the levels of

exchangeable bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , and K^{+}) in the soil, due to the large supply of nutrients via litter (Espig et al., 2009).

The high levels of Al^{3+} that should be characteristic of the soils sampled, causing a probable chemical barrier preventing root growth, which clearly is not the case as demonstrated by the research team efforts and exposed in the CONEBIOS -National Congress of Soil Ecology and Biology- Congress in 2022. The team demonstrated that in six months of age yerba mate plants, the root development was outstanding in naturally grown younger plants coming from sites two and three. This was proposed to be due to the root liberty to develop under not stressful circumstances (Fasano et al., 2022). In these in clayey soils, pore distribution was favorable to water permeability, evidencing the predominance of high valence cations, such as Al^{3+} , and the presence of organic matter, therefore the clayey colloids. The particle density varied little about the average, concentrating around 2.30 to 2.70 g cm^{-3} . This is a physical attribute of little variability because it depends on primary soil formation minerals of Oxisols. The sampling soils are classified as very weathered soils that typically should have high levels of Al^{3+} . This lower level Al^{3+} case could be explained due to the aggregation provided by clayey colloids with high litter content that allows this soil to be very permeable to vertical and lateral movement of water, in addition to the ability to aggregate organic matter (Gonçalves dos Santos et al., 2018; Lima et al., 2018).

Conclusions

The traditionally classified low natural fertility oxisol from the Paranaense Atlantic Forest seem to have a transcendental soil chemical indicator, the Al^{3+} . With an acid reaction and high concentrations of Al^{3+} until 0.15 m deep, fertility chemical barriers may be formed, harming the growth of plant roots and their aerial parts, causing low harvest performance. Securing litter coverage on subtropical and/or tropical oxisols and an agroforestry system for crops that resembles the natural environment in the Atlantic Forest assuring organic matter and the clayey colloids formation may be a key balance for Al^{3+} and therefore it could be proposed that: A. this acidic cation is not present in sampled agroforestry systems that resembled natural one with high litter content and pH levels. B. aluminum may be considered as a soil quality indicator about pH and litter content of tropical and/or subtropical oxisols considered for the Atlantic Forest remains.

Acknowledgments

We thank the Iguazú Agroecological Foundation from Guayaki Trading who has provided transport to the sampling point and resources to perform comfortably the sampling process. Fasano, Onetto, Pedrozo, Amerio, and Barengo had doctoral fellowships from CONICET (República Argentina) during the development of the present study. Cortese and Velazquez had postdoctoral fellowships from CONICET. Zapata, Sadañoski, Castrillo, and Bich are researchers in CONICET.

Bibliographic References

- ALMEIDA, V.R. DE, 1998. Geografía do Paraná. AMF Pré-Vestibular 1–39.
- BIGHAM, J.M., 1996. Methods of soil analysis. Chemical Methods (Part 3). Soil Sci. Soc. Am. B. Ser. 5, 475–490.
- BRADLEY HUNTER, G., WOODIS, T.C., JOHNSON, F. J, 1981. Simultaneous Determination of Aluminum, Iron, Calcium, and Magnesium in Wet-Process Phosphoric Acid by DC Argon Plasma Emission Spectrometry. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 64, 25–27.
- DANTAS, J.S., MARQUES JÚNIOR, J., MARTINS FILHO, M.V., RESENDE, J.M. DO A.,

- CAMARGO, L.A., BARBOSA, R.S., 2014. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 38, 1039–1050. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000400001>
- ESPIG, S.A., FREIRE, F.J., MARANGON, L.C., FERREIRA, R.L.C., FREIRE, M.B.G. DOS S., ESPIG, D.B., 2009. Litter seasonality, composition and nutrient input in remnant of atlantic forest in the state of Pernambuco, Brazil. *Rev. Arvore* 33, 949–956. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622009000500017>
- ESPIG, S.A., FREIRE, F.J., MARANGON, L.C., FERREIRA, R.L.C., FREIRE, M.B.G.D.S., ESPIG, D.B., 2008. Composição e eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmento de mata Atlântica em Pernambuco. *Cienc. Florest.* 18, 309–316. <https://doi.org/10.5902/19805098441>
- FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos.
- FAO, 2001. Lecture notes on the major soils of the world. FAO.
- FASANO, M.C., ROHATCH, P.E., HOFF, C., POSE, R., PEDRÓS, R., REUTEMANN, G.C., CASTRILLO, M.L., AGOSTINI, P., BICH, G., ZAPATA, P., 2022. Desenvolvimento radicular como indicador de sustentabilidade em cultivos de erva-mate. *Congr. Nac. Ecol. y Biol. Suelos -CONEBIOS VII-*.
- GONÇALVES DOS SANTOS, H., JACOMIN, P.K., CUNHA DOS ANJOS, L.H., DE OLIVEIRA, V.Á., LUMBRERAS, J.F., COELHO, M.R., DE ALMEIDA, J.A., COELHO ARAÚJO FILHO, J., DE OLIVEIRA, J.B., FERREIRA CUNHA, T.J., 2018. Brazilian soil classification system (In Portuguese), 5th ed. Embrapa Soils.
- HARTWIG, I., OLIVEIRA, A.C. DE, IRAJÁ, F., CARVALHO, F. DE, BERTAN, I., ANTÔNIO, J., ANDRÉ, D., SCHMIDT, M., VALÉRIO, I.P., MAIA, L.C., ANDREI, D., FONSECA, R., ESTIMA, C., 2007. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas Associated mechanisms of aluminum tolerance in plants. *Semin. Ciências Agrárias* 28, 219–228. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/04/25/143832>
- INSTITUTO BRASILEIRO FORESTAL, 2015. Bioma Mata Atlântica. [WWW Document]. URL <http://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica>
- KOPPEN, W., 1936. *Der Klimatologie. Das geographischa System der Klimate.* Gebr, Borntraeger.
- LIMA, M.S. DE, FREIRE, F.J., MARANGON, L.C., ALMEIDA, B.G. DE, RIBEIRO, E.P., SANTOS, R.L. DOS, 2018. Solos Florestais Em Fragmento De Floresta Urbana Na Mata De Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. *Ciência Florest.* <https://doi.org/10.5902/1980509832037>
- RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, PAULO T.G., ALVAREZ V, V.H., 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. *Comissão Fertil. do Solo do Estado Minas Gerais* 25–32.
- TOLEDO, D.M., 2013. Calidad de Suelo en Agro-ecosistemas de Misiones : Desarrollo y Validación de Índices de Calidad . Su Aplicación en la Evaluación de los Cambios en el Uso de las Tierras. *Repos. Inst. la Univ. Nac. del Nord.*
- TOLEDO, D.M., GALANTINI, J.A., FERRECCIO, E., ARZUAGA, S., GIMENEZ, L., VÁZQUEZ, S., 2013. Indices and indicators of soil quality in natural and cultivated red soil systems | Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. *Cienc. del Suelo* 31, 201–212.
- VIEIRA, M.S., DOS SANTOS, A.R., LOPES, M.I.M.S., GOMES, E.P.C., 2022. Litter decomposition in a remnant of Atlantic Rain Forest and bamboo dominance. *For. Syst.* 31. <https://doi.org/10.5424/fs/2022313-18791>

RESÚMENES

Lepidóptera como bioindicador de efectos del enriquecimiento de remanentes de bosque con yerba mate (*Ilex paraguariensis*) en el área de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú, Paraguay

Salas-Dueñas, D.

Gerente de Investigación y Conservación. Fundación Moisés Bertoni. Prócer Arguello 208, Asunción, dsalas@mbertoni.org.py

Resumen: Desde finales de la década de 1980, en el área del departamento de Canindeyú, conocida actualmente como Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú, se vienen realizando por parte de la Fundación Moisés Bertoni, diversas prácticas relacionadas con el cultivo de Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) dada su aceptación social, su existencia natural y la relevancia económica para los pequeños productores; en años recientes, se ha incrementado su cultivo en el modelo de enriquecimiento de remanentes de bosques, lo que conlleva entre otras actividades a modificaciones de los entornos naturales, especialmente en lo referente a limpieza en el momento de la siembra y posteriormente a la poda de ramas de árboles con la finalidad de mejorar el acceso de luz solar para los plantines, sin tener establecido el efecto que esto tiene sobre la diversidad propia de estos lugares. Como parte del proyecto GNF/BMZ "United for the sustainable development of the Mbaracayu Forest Reserve" se implementa el monitoreo diversos taxones con la finalidad de evaluar el efecto de las perturbaciones que se dan en áreas de bosque que están siendo enriquecidas con la incorporación de yerba mate. Se han instalado diez (10) parcelas permanentes en igual número de locaciones, cinco en áreas que están siendo enriquecidas y cinco en áreas de remanente de bosque no son intervenidas; para Flora (Especies Nativas Forestales y Orquídeas Nativas con algún grado de amenaza); para Aves (determinación por bioacústica de especies); para Mamíferos (determinación por fototrampeo de presencias); para Invertebrados (Fauna del Suelo y Lepidóptera por trampeo). Igualmente, se toman datos meteorológicos durante los periodos de monitoreo. En el caso de lepidópteros (mariposas) se han instalado cuatrimestralmente por 48 horas trampas van Someren-Rydon, cebadas con fruta madura y colocadas a tres alturas (2, 4 y 6 metros). Los datos parciales obtenidos hasta el momento (07/22 a 03/23), permiten señalar que, de un total de 34 especies de mariposas registradas, 10 muestran exclusividad en bosque, 9 exclusividad en áreas de bosque enriquecidas con yerba mate y el restante (15 especies) son compartidas por ambos tipos de cobertura. Las especies generalistas, ubicadas tanto en las parcelas de bosque como en las áreas enriquecidas, son las más numerosas tanto en géneros como en individuos, por lo que a efectos de la presente investigación pueden ser consideradas generalistas, siendo de poco interés como posibles bioindicadores de calidad ambiental, sin embargo se requieren más datos para poder establecer la frecuencia de presencia de las mismas en los dos ambientes, pues algunas de las especies han presentado muy pocos individuos en los dos tipos de cobertura (*Dynamine postverta*, *Eunica maja*, *Hermeuptychia sp.*) por lo que podrían simplemente ser capturas accidentales ante un comportamiento oportunista, no necesariamente asociado a los dos tipos de coberturas. Finalmente, se requieren más monitoreos, en función de las distorsiones climáticas que se vienen registrando producto de la deriva climática y el efecto de esto sobre la dinámica de las poblaciones de artrópodos en general, se tiene previsto continuar este muestreo hasta mediados del 2024.

Palabras clave: Mariposas. Calidad ambiental. Perturbación.

Control del tigre de los yerbales (*Hedyphates betulinus*) en yerba mate con diferentes principios activos y dosis de insecticidas

Gerke, D.¹; Horn, R.²; Villanueva, L.E.³; Enciso, G.⁴

¹Egresado de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad San Carlos, Bella Vista, diego.gerke@usc.edu.py

²Profesora de grado de la Universidad San Carlos, Bella Vista, romina.horn@usc.edu.py

³Profesor de grado y estudiante del Doctorado de Ciencias Agrarias de la Universidad San Carlos, Alfredo Seiferheld N°4989, Asunción, luis.villanueva@usc.edu.py

⁴Profesor investigador de grado de la Universidad San Carlos, Alfredo Seiferheld N°4989, Asunción, guillermo.enciso@usc.edu.py

Resumen: En el campo experimental de una empresa productora de yerba mate situada en el distrito de Bella Vista Sur, Departamento de Itapúa, se realizó en el año 2021 la investigación con el objetivo de determinar el producto más eficiente para el control de *Hedyphates betulinus*. La hipótesis nula menciona que no habrá diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que la hipótesis alterna afirma que sí habrá. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones cada una, totalizando 40 unidades experimentales. El T1 testigo, el cual no recibió ninguna aplicación, el T2 aplicación de Cyantraniliprole 60 cc/ha, el T3 fue Thiametoxam 600 cc/ha, el T4 aplicó Imidacloprid+Thiodicard 200 cc/ha, el T5 Cyantraniliprole 90 cc/ha, el T6 consistió en la aplicación de Thiametoxam 800 cc/ha, el T7 fue con la aplicación de Imidacloprid+Thiodicard 400 cc/ha, el T8 fue con Cyantraniliprole 120 cc/ha, el T9 Thiametoxam 1200 cc/ha obtuvo y el T10 con la aplicación de Thiodicard+imidacloprid 600 cc/ha. En la investigación fueron seleccionadas 4 plantas centrales de las 12 plantas de cada unidad experimental para eliminar el efecto borde, de una plantación de 8 años. En el mes de junio, se registró la cantidad de perforaciones por *H. betulinus* antes de la aplicación de los diversos tratamientos y fueron controlados cada 15 días en 3 ocasiones posteriores. Las aplicaciones se realizaron preparando el caldo en 100 litros de agua y luego se aplicó a las plantas con mochila pulverizadora, con las respectivas dosis, cubriendo la planta desde la parte basal hasta 1 metro de altura. Se obtuvo el mayor resultado con el tratamiento T9 (Thiametoxam 1200 cc/ha) considerando que este obtuvo un mayor control, al registrarse que, de 11 perforaciones del primer conteo, este valor disminuyó a 4 perforaciones nuevas en el último control, comparadas con el testigo cuyo promedio fue igual a 8,5 perforaciones nuevas, siendo estadísticamente diferentes entre sí. Se rechaza la hipótesis nula puesto que sí hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: Hedyphates. Fitosanitario. Kirito. Yerba Mate.

Área de produção de sementes de erva-mate no Planalto Norte de Santa Catarina - Brasil

Vogt, Gilcimar Adriano^{1*}; Gallotti, Gilson José Marcinichen¹

¹Pesquisadores/ Eng. Agrônomo M.Sc./Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Canoinhas/SC Brasil, *gilcimar@epagri.sc.gov.br

Resumo: O Planalto Norte de Santa Catarina, Brasil tem sua história ligada à atividade ervateira, tendo a exploração dos ervais nativos um dos elementos centrais na manutenção da notoriedade e reputação em produzir uma erva-mate diferenciada e de qualidade, sendo a região reconhecida pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial com Indicação Geográfica na modalidade Denominação de Origem. Esse reconhecimento da região na produção de erva-mate está relacionado aos processos de produção a partir dos ervais nativos e, por isso, são necessários estudos que possibilitem a identificação e a conservação da diversidade genética regional. O objetivo do trabalho foi implantar área para produção de sementes na região, visando a sustentabilidade e garantia da produção de erva-mate nativa, diferencial característico do produto regional. Em contato prévio informal com empresários do setor ervateiro foi realizada a identificação de matrizes com características preferenciais entre os meses de dezembro de 2012 e janeiro de 2013. A área de produção de sementes foi implantada na Epagri, município de Papanduva-SC. As coordenadas geográficas são longitude 50°16'37" Oeste latitude 26°22'15" Sul e altitude de 810m. O clima da região é úmido com verões amenos do tipo Cfb segundo a classificação de Köppen e o solo do local é classificado como Latossolo Bruno Distrófico. A Área de Produção de Sementes foi implantada a pleno-sol. O espaçamento utilizado no plantio foi de 3,00 m x 2,00 m, correspondendo a 1666 plantas/ha. A APS reuniu genótipos nativos com grande variabilidade, sendo realizado com auxílio dos técnicos e ervateiros seleção das melhores matrizes, sendo as demais eliminadas. Foram selecionadas as árvores mais produtivas e com características fenotípicas preferenciais pela indústria, avaliando visualmente parâmetros como tamanho de folha, cerosidade, coloração da folha e proporção ramos finos e folhas, e proporção de ramos grossos e folhas. A partir da avaliação visual selecionou-se a melhor planta de cada parcela, eliminando as demais a fim de evitar cruzamentos endogâmicos. Após seleção foram eliminadas todas as plantas não selecionadas, tendo o cuidado de deixar a proporção adequada entre plantas masculinas e plantas femininas. Atualmente a área de produção de sementes está constituída de 152 plantas matrizes femininas e 43 plantas matrizes masculinas, perfazendo uma proporção de 3,5 plantas matrizes fêmeas para 1 planta macho. A seleção de plantas matrizes que congruem alta produtividade e máxima variabilidade genética regional e a obtenção de sementes destas populações proporcionará a implantação de povoamentos com alta produtividade e boa rentabilidade a partir do controle de qualidade genética, tendo em vista que atualmente, a maior parte das sementes destinadas à produção de mudas de erva-mate na região é proveniente de plantas matrizes escolhidas sem critérios de seleção, apresentando crescimento heterogêneo e resultando em reflexos negativos no produto final.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*. Mudas florestais. APS. IG.

Evaluación de dosis de polímeros hidroabsorbentes en trasplante de yerba mate

Veloso, Cinthia¹; Maidana, Marco²; Chamorro, Natalia³

¹Graduada, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Unidad Pedagógica María Auxiliadora, Tomás R. Pereira, Itapúa, Paraguay, cinthia.veloso@hotmail.com

²Profesor, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Unidad Pedagógica María Auxiliadora, Tomás R. Pereira, Itapúa, Paraguay, marcomo-1987@hotmail.com

³Técnica de Campo, Federación de Cooperativas de Producción, Tomás R. Pereira, Itapúa, Paraguay, agroyerbamate@outlook.com

Resumen: La producción de yerba mate ocupa un lugar relevante para el campesino paraguayo como rubro de renta en sus explotaciones, por lo cual, es de gran importancia económica, social y cultural para el país. Sin embargo, en manos de la agricultura familiar, el manejo deficiente ocasiona alta mortandad de plantas en el momento de trasplante, generalmente por la sequía, insolación y heladas en época invernales, llegando en algunos casos a la pérdida total de la plantación, por lo que estudiar alternativas para el manejo en las condiciones de déficit hídrico es fundamental para una exitosa producción. Se realizó un experimento en la finca del señor Eliodoro Veloso, ubicada en la localidad de Natalio km 31, Departamento de Itapúa, Paraguay, con el objetivo de evaluar el efecto de dosis crecientes de polímeros hidroabsorbentes en el trasplante de yerba mate, en la campaña de plantación correspondiente al año 2017. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en aplicaciones de polímeros hidroabsorbentes en el momento de la trasplante en dosis de 0; 10; 20; 30; 40 y 50 gramos.planta⁻¹. A los seis, nueve y doce meses después de la implantación fueron evaluadas las características de prendimiento (%), crecimiento de la planta en altura (cm) y número de brotes. Como resultados se observó que la aplicación de polímeros hidroabsorbentes aumentó el porcentaje de prendimiento de 55% hasta 97,5% con la dosis de 0 a 20 gramos.planta⁻¹, respectivamente. Siendo 20 gramos.planta⁻¹ la dosis óptima. Por otra parte, no se observaron efectos sobre la altura de planta, y número de brotes por planta hasta un año de evaluación. Los promedios para altura de planta fueron de 30,5; 41,4 y 48,5 cm, mientras que para número de brotes por plantas fueron 1,63; 2,45 y 3,19, para las evaluaciones realizadas a los 6, 9 y 12 meses respectivamente.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. A. St.-Hil. Hidrogel. Mortandad de plantines. Sobrevivencia.

Manejo agronómico de *Aloysia polystachya* (Griseb.) Moldenke (burrito), en la región yerbatera de argentina

Bálsamo, Maricel¹*; Arndt, Guillermo Martin¹

¹Investigador, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nac 14 km 836, Cerro Azul,
*balsamo.maricel@inta.gob.ar

Resumen: A partir de la década del 70, se introdujeron en el mercado por parte de empresarios e industriales del sector yerbatero, productos diferenciados, con mayor variedad de sabores y amplios beneficios para la salud, las yerbas compuestas (YC). El Código Alimentario Argentino, denomina Yerba Mate Compuesta al producto constituido por "Yerba Mate Elaborada Despalillada" o "... con Palo", adicionada de una o varias hierbas sávido-aromática de reconocida inocuidad fisiológica. Una de las especies más utilizadas es el *A. polystachya* (burrito), proveniente de otras zonas geográficas y abastecida a través de la recolección silvestre. Es difícil cuantificar la dimensión de estas prácticas extractivas, dadas las características de informalidad que presenta, y no sólo compromete las poblaciones nativas, sino que dificulta la implementación de los sistemas de trazabilidad, como mecanismos de garantía sanitaria. El objetivo del presente trabajo fue determinar el potencial agronómico de *A. polystachya*, para ser utilizado en la industria yerbatera. En forma comercial, es una especie de difícil o incierta propagación. El acodo es el método de multiplicación, donde se obtiene el 100 % de prendimiento. Teniendo en cuenta que la producción de plantines es el punto crítico y el cuello de botella de los sistemas productivos comerciales de aromáticas nativas, comenzar con un número inferior al total de plantas deseadas/ha, es una estrategia que se adapta perfectamente al cultivo de burrito. Los plantines fueron llevados a campo (fines de julio - principios de agosto), con un marco de plantación de 1 m entre hileras y 1,5 m entre plantas. Esta disposición, permitió que de cada plantín haya generado mediante acodo, una nueva planta a cada lado de la original, ocupando el lugar libre que se dejó al momento del trasplante. En cuanto a reposición de nutrientes, la mayor absorción ocurre en primavera, por lo que se fertilizó en el momento de trasplante y a la salida del invierno. El primer año de cultivo (6-7 meses de implantado) se cosechó, cortando las ramas a 10 cm por arriba del suelo, con un rendimiento de 900 kg MS/ha. En años posteriores estos valores ascienden a 1400 kg MS/ha/año. En cuanto a la producción de metabolitos secundarios, los valores oscilaron entre 0,1-6,6 % V/P, de aceite esencial. Los mayores rendimientos coincidieron con el período de floración, mientras que valores inferiores se corresponden con el amarillamiento progresivo de las hojas, donde la planta cesa su crecimiento. La posibilidad de sustitución de esta especie proveniente de otras provincias, mediante la producción local, es una alternativa válida.

Palabras clave: Hierbas. Yerba mate. Yerba compuesta.

Ganancias genéticas en huerto semillero clonal de segunda generación de yerba mate del INTA

Schoffen, Vanesa Carolina¹; Kryvenki, Mario Angel²; Belaber, Ector César³

¹Investigador. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. AER Aristóbulo del Valle, Misiones, schoffen.vanesa@inta.gob.ar

²Investigador. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Cerro Azul, Misiones, kryvenki.mario@inta.gob.ar

³Investigador, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Montecarlo, Misiones, belaber.ector@inta.gob.ar

Resumen: Argentina, el principal productor mundial de yerba mate, cuenta con aproximadamente 210.000 ha implantadas. El material genético utilizado abarca diferentes grados de mejora (áreas semilleras y huertos semilleros). El programa de mejoramiento genético de yerba mate del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en su primera etapa de evaluaciones y selecciones fenotípicas (1970-2010), logró incrementar la producción promedio de las plantas de 3,0 kg a 7,42 kg. En su segunda etapa, iniciada en el año 2016, el programa del INTA basa sus selecciones y recombinaciones en la evaluación de la variación genética aditiva individual. El objetivo de este trabajo fue seleccionar individuos en base a la predicción de sus valores de mejora para la conformación de un huerto semillero clonal de segunda generación. Para ello, a partir del año 2017 se evaluó el peso de masa foliar (PMF) de cada planta durante tres años consecutivos en 241 familias implantadas en 10 ensayos de polinización abierta. Los análisis genéticos cuantitativos fueron realizados mediante un modelo mixto de árbol individual, utilizando la metodología BLUP (Best Liner Unbiased Prediction-predicción lineal insesgada óptima) que incorpora datos de los rendimientos individuales junto con los de pedigrí, teniendo en cuenta las fuentes de variación tanto genéticas como ambientales. En función del ranking genético obtenido, se seleccionaron 14 individuos (9 femeninos y 5 masculinos) que luego fueron propagados por vía vegetativa. Los rametos, con una representación promedio de 50 y 93 por clon, fueron implantados en el año 2022 sobre una superficie de 1,5 ha, constituyéndose así el huerto de segunda generación. Las ganancias estimadas para dicho huerto incrementarían el promedio de producción de hojas verdes por planta a 10,3 kg. Lo cual significaría un incremento de aproximadamente 38,8% respecto a la primera etapa del programa del INTA. Sin embargo, la ganancia genética realizada por estas semillas es desconocida y depende de la cantidad de semillas que produce cada clon y la sincronía floral entre ellos. Por ello, la ganancia realizada recién podrá ser evaluada cuando el huerto comience a producir, lo cual se estima para el año 2025.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Productividad. Mejoramiento genético. Ranking genético.

Análisis del genoma del cloroplasto de muestras de yerba mate de Uruguay

Schinato, Franco¹; Vaio, Magdalena²; Speranza, Pablo³

¹Profesor ayudante. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Av. Garzón, 780, Montevideo, fschinato@fagro.edu.uy

²Profesora adjunta. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Av. Garzón, 780, Montevideo, mvaio@fagro.edu.uy

³Profesor titular. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Av. Garzón, 780, Montevideo, pasp@fagro.edu.uy

Resumen: El ADN cloroplástico se hereda por vía materna en la mayoría de las plantas. La variabilidad genética presente en él permite por lo tanto rastrear la dispersión de una especie a través de sus semillas. Esta información es de interés para estudios filogeográficos, permitiendo evaluar la estructura geográfica de la variabilidad genética de una especie y establecer hipótesis sobre los procesos que le dieron origen, así como puede ser utilizada para determinar el origen del material vegetal a nivel comercial. La cantidad de información que puede obtenerse del ADN cloroplástico a nivel intraespecífico depende tanto de factores biológicos como de los procesos poblacionales históricos que atraviesa una especie. En *Ilex paraguariensis* existen estudios basados en secuencias parciales de ADN cloroplástico que han permitido obtener información de gran utilidad en investigaciones de niveles básicos o aplicados. Para evaluar mejor el potencial de esta fuente de información en esta especie en particular este estudio analizó el genoma del cloroplasto de 2 individuos de yerba mate provenientes de áreas de distribución periféricas al sur, en poblaciones aisladas en Uruguay: i) Gruta de los Helechos (GH, 31°38' S 56° 1' O), ii) Sierras de Valdivia (SV, 34° 16' S 54° 36' O). Para esto se utilizó una secuenciación de próxima generación (NGS) en la plataforma DNBseq[™], con las características de *paired end*, secuencias de 100 pares de bases (pb) y una cobertura de 10 Gb. El genoma del cloroplasto de cada muestra fue ensamblado *de novo* utilizando el programa NovoPlasty (v. 4.3.1) y editado en Geneious (v. 10.2.3) utilizando el genoma de referencia (RF) para yerba mate (NC_031207) disponible en la plataforma GenBank – NCBI. Las secuencias obtenidas de RF, GH y SV presentaron un largo total de 157.602, 157.585, 157.516 pb, respectivamente. Las regiones estructurales SCC, IRa e IRb presentaron variaciones en el largo de las secuencias de apenas 1 pb entre las muestras, con largos promedios de 18.306, 26.076 y 26.076 pb, respectivamente. A su vez, en la región LSC se verificaron largos de secuencias de 87.144, 87.127 y 87.058 pb, para las muestras RF, GH y SV, respectivamente. Se anotaron un total de 132 genes, de los cuales 87 son codificantes de proteínas, 37 de tRNA y 8 de rRNA. En cuanto a los niveles de polimorfismo se obtuvieron un total de 56 mutaciones, 39 (69,6%) correspondieron a indeles y 17 (30,4%) correspondieron a polimorfismos de nucleótido único (SNPs). Con respecto a la ubicación de las mutaciones, en las regiones LSC, SSC, IRa e IRb se verificaron totales de 44 (78,6%), 6 (10,7%), 3 (5,3%) y 3 (5,3%), respectivamente. Un total de 34 mutaciones (60,7%) fueron encontradas en espacios intergénicos, 18 (32,1%) en genes codificantes de proteínas, y 4 (7,1%) en genes de tRNA. Los resultados de este estudio preliminar indican que la variabilidad en las secuencias cloroplásticas en yerba mate ocurre especialmente en zonas no codificantes, siendo de interés para estudios evolutivos y aplicaciones para determinación de origen.

Palabras clave: Variabilidad genética. Evolución. Determinación de origen.

Incidencia en la micorrización de yerba mate bajo sistema convencional y orgánico en la provincia de Misiones

Spicker, Valeria Rocio¹; Gassen, Fernando²; Bochert, Denis³; Kyocapumisz, Carina⁴; Schapovaloff, Maria Elena⁵; Trentini, Carolina Paola⁶

¹Becario. Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Facultad de Ciencias Forestales (FCF), Bertoni 124 km3 Eldorado, spickervaleria@gmail.com

²Becario. UNaM, Facultad de Ciencias Forestales (FCF), Bertoni 124 km3, Eldorado, gassenfernando27@gmail.com

³Investigador. Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM), Rivadavia N°1515 2º, Posadas, denisbochert@gmail.com

⁴Becario. UNaM, Facultad de Ciencias Forestales (FCF), Bertoni 124 km3, Eldorado, carikyocapumisz@gmail.com

⁵Investigadora. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Av. Libertador 2472, Montecarlo, schapovaloff.maria@inta.gob.ar

⁶Investigadora. UNaM, Facultad de ciencias Forestales (FCF), Bertoni 124 km3, Eldorado, carolina.trentini@fcf.unam.edu.ar

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) es un cultivo tradicional en la provincia de Misiones, que involucra a una especie arbórea nativa de alto valor comercial. En general, el sistema productivo empleado es el monocultivo con uso de insumos químicos externos (ej. fertilizantes, pesticidas y herbicidas) llamado comúnmente “convencional” (SPC). Actualmente hay pocos cultivos bajo sistema orgánico (SPO), pero existe una tendencia creciente a preferirlos por su menor impacto en la salud y el medio ambiente. En los monocultivos de yerba mate, la materia orgánica, la vegetación de cobertura junto con los insumos incorporados van a modelar las características microbiológicas del suelo y de las raíces. El objetivo de este estudio es evaluar la micorrización de raíces de yerba mate en los sistemas de productivos propuestos e identificar cuáles son los factores más importantes que afectan la abundancia microbiana de la rizósfera. El estudio se llevó a cabo en la localidad de Montecarlo (Misiones) en plantaciones de yerba mate establecidas en el 2015. Se definieron 8 sitios de muestreo: 4 con sistema productivo convencional y 4 con orgánico. Cada sitio funciona como una réplica en un diseño de muestreo aleatorizado por lo que se seleccionaron aquellos con condiciones homogéneas en cuanto a la edad, historia de uso y densidad de plantación. Dentro de cada sitio se determinó el manejo agronómico de fertilización y de control de cobertura vegetal y de insectos. Para esto, se seleccionaron 3 plantas de yerba mate en donde se realizaron los muestreos de raíces para determinar la incidencia de micorrización, dichas muestras fueron teñidas con Azul de Tripán y observadas con microscopio óptico (40X) determinando aquellas plantas con presencia o ausencia de micorrizas. Por medio del método de intercepción puntual se tomaron los datos de 10 puntos por lote de manera aleatoria para el muestreo de vegetación. En los resultados preliminares, no se observaron diferencias significativas en incidencia de micorrización entre ambos sistemas productivos los cuales nos arrojaron valores de 8 plantas con presencia de micorrizas en los SPO, mientras que en los SPC se obtuvieron 7 plantas. No obstante, al relacionar los datos con el manejo en la cobertura del suelo, se pudo identificar que los lotes donde se realiza implantación de coberturas como ser poáceas en invierno y especies leguminosas en verano tuvieron mayor incidencia de micorrizas independientemente del sistema productivo adoptado. También pudimos observar que las estructuras micorrícicas más frecuentes son coils e hifas. Las esporas, vesículas y arbusculos se observan con baja frecuencia. Es relevante decir que en los casos de SPC que realizan implantación de cubiertas la aplicación de herbicidas se realiza de manera puntual sobre las especies invasoras y no en todo el lote. Es

necesario seguir profundizando en los estudios de microorganismos del suelo ya que son determinantes en la correcta nutrición y consecuente bienestar del cultivo.

Palabras clave: Manejo de cobertura. Micorrización. Sistemas productivos. Azul de Tripán.

Polimorfismo del carácter pubescente en la descendencia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. var. *vestita* (Reissek) Loes.

Gianini, Analía¹; Toro, Alejandro¹; Enriquez Wasylow, Federico¹; Rodriguez Mata, Orlando¹; Molina, Sandra¹; Kuzdra, Hipolito²; Tereschuk, Anibal²; Arndt, Guillermo^{1*}

¹Investigador, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nac 14 km 836, Cerro Azul, [*arndt.guillermo@inta.gob.ar](mailto:arndt.guillermo@inta.gob.ar)

²Apoyo Técnico, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nac 14 km 836, Cerro Azul.

Resumen: La especie *Ilex paraguariensis* reporta tres variedades botánicas: *I. paraguayensis* var. *paraguariensis* (generalmente comercializada), *I. paraguariensis* var. *sincoriensis* Loes. e *Ilex paraguariensis* var. *vestita* Loes., estas últimas endémicas del Brasil. Particularmente, *I. paraguariensis* var. *vestita* es caracterizada por la presencia de pubescencia en tallos, pedicelos y hojas, con una distribución limitada en la región sur de Brasil (estados de Paraná y San Pablo). Pese a compartir características fisicoquímicas con la variedad *paraguariensis*, existen antecedentes que detectan diferenciaciones en fitoproductos de interés para la industria yerbatera. Con el objetivo de contribuir al conocimiento de variedades de la especie *I. paraguariensis* se pretende caracterizar el carácter pubescente en la progenie de la variedad *vestita*. Para ello, se plantaron, 1036 individuos en el año 2012 en la EEA Cerro Azul - INTA, Misiones (Argentina) a partir de semillas provenientes de madre var. *vestita*, con una mortandad, en 10 años, del 54,73%. Se determinó a campo la presencia o ausencia de pubescencia en 469 individuos y se corroboró mediante un microscopio estereoscópico la densidad de tricomas en muestras de 3 hojas maduras por individuos provenientes de ramas lignificadas. Se seleccionaron individuos para establecer los niveles de pubescencia de la población a partir del análisis de las zonas abaxiales próximas a la región media de la nervadura central. Se detectaron 90 individuos que reportaron nula pubescencia o muy baja densidad de tricomas (menos de 3 por campo). En los restantes individuos, se observó gran variabilidad fenotípica en los tricomas, tanto morfoanatómicas como en la densidad. Estos resultados indican que el carácter de pubescencia característico de la variedad *vestita* es polimórfico en esta descendencia, posiblemente producto de hibridación con la var. *paraguariensis*. Futuros estudios podrían determinar si existe relación entre los fitoproductos y/o el rendimiento de cada variedad con el nivel de pubescencia de la planta, así como establecer la naturaleza cuantitativa de este carácter, a fines de incorporar el material en planes de mejoramiento.

Palabras clave: Vestita. Variedad Botánica. Variación Fenotípica.

Evaluación de la expresión global de genes en yerba mate mediante secuenciación por nanoporos

Fay, Jessica V.¹; Litwiñiuk, Sergio¹; Kryvenki, Mario²; Gauchat, María E.³; Argüelles, Carina¹; Ferreras, Julián¹; Miretti, Marcos^{1*}

¹Laboratorio GIGA, FCEQyN, IBS, Universidad Nacional de Misiones – CONICET, Posadas, Argentina, *mmiretti@fceqyn.unam.edu.ar

²EEA INTA Cerro Azul, Misiones, Argentina.

³EEA INTA Eldorado, Misiones, Argentina.

Resumen: La transcriptómica se ha convertido en una metodología eficaz para caracterizar y evaluar la expresión de genes en plantas, una herramienta fundamental para evaluar la actividad génica en vías metabólicas completas y para comprender la relación entre genotipo y fenotipo. La plataforma de secuenciación MinION (Oxford Nanopore Technologies, ONT) con su pequeño tamaño y bajo costo relativo, representa una poderosa herramienta para la evaluación de la actividad de genes asociados a caracteres de interés en cultivos. El objetivo de este trabajo es evaluar eficiencia y costo de la tecnología de secuenciación por nanoporos para el análisis de la actividad transcripcional en plantas de yerba mate, con el fin de ajustar protocolos, definir procedimientos y escalas para estudios de plantaciones de yerba mate en diversas condiciones experimentales. Con el ARN total obtenido de hojas de plantas adultas de yerba mate colectadas en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA, San Vicente, Misiones, se generaron bibliotecas de ADNc a partir de ARNm. Para la síntesis de la primera cadena en longitud completa se utilizó un inhibidor de RNasa, un mix de enzimas con actividad de DNasa bicatenaria y transcriptasa inversa sin actividad H, y primers para el cambio de cadena (strand switch). Luego se eliminó el ARN remanente, sintetizó la segunda cadena y procedió con la adición de *barcodes* y adaptadores para secuenciación por nanoporos en celdas de flujo MinION (ONT). La secuenciación se extendió por 72 h generando 8.79Gb de cDNA en 4.87 millones de lecturas, con un total de 5.32Gbases útiles (modelo “*High accuracy basecalling*”). Cada una de las 6 bibliotecas cDNA produjo un promedio de 540.400 lecturas de 1,95kb de largo cubriendo entre 10 y 19 veces la región codificante del genoma. Las lecturas más largas sobrepasaron 50kb. El 35% de las lecturas no superó el mínimo de calidad esperado para tecnología ONT (Q-score 9). De la búsqueda preliminar mediante blastX se identificaron genes del metabolismo de plantas (e.g. sistema fotosíntesis, cloroplastídeos, Fenilamonioliasa), utilizando para ello la base de datos curada de proteínas Swiss-Prot, obteniendo una alta identidad a proteínas vegetales (ej. *Arabidopsis*). En conclusión, la secuenciación en multiplex de bibliotecas derivadas de ARNm de 6 plantas de YM generó información relevante y consistente respecto a la expresión global de genes en plantas de yerba mate, con una cobertura adecuada para la evaluación de la actividad génica. Para confirmar estos resultados es necesario evaluar la cobertura y representatividad relativa en cada biblioteca, y luego realizar la validación experimental de los datos obtenidos. Estos resultados permitirán escalar el diseño de experimentos para evaluar la expresión génica global en plantas con fenotipos contrastantes o bajo diferentes tratamientos.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. RNA-Seq. Transcriptoma. Nanoporos. Expresión génica.

Identificación de marcadores *SNPs* en dos poblaciones naturales de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil del sur de Brasil

Villalba, Diana¹; Talavera, Liliana²; Sansaloni, Carolina³; Petroli, Cesar⁴; Rojas, Cristian⁵; Argüelles, Carina⁶

¹Tesista. Laboratorio de Biología Molecular, Facultad de Ciencias y Tecnologías (FaCyT), Universidad Nacional de Itapúa (UNI), Paraguay, dianavillbe@gmail.com

²Investigador. Laboratorio de Biología Molecular, Facultad de Ciencias y Tecnologías (FaCyT), Universidad Nacional de Itapúa (UNI), Paraguay, ltalavera@cyt.uni.edu.py

³Investigador. Servicio de Análisis Genético para la Agricultura (SAGA), Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México, c.sansaloni@cgiar.org

⁴Investigador. Servicio de Análisis Genético para la Agricultura (SAGA), Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México, c.petroli@cgiar.org

⁵Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Brasil, cristian.rojas@unila.edu.br

⁶Investigador. Grupo de Investigación en Genética Aplicada (GIGA) Dpto. Genética-FCEQyN, Instituto de Biología Subtropical. Nodo Posadas (UNaM-CONICET), Argentina, franciscarguelles@yahoo.com

Resumen: *Ilex paraguariensis* (yerba mate) es una especie endémica de América del Sur cuyo centro principal de distribución natural comprende únicamente regiones de Brasil, Paraguay y Argentina, existiendo, además, parches aislados en Uruguay. Con el fin de contribuir al conocimiento de la variabilidad y estructura genética de las poblaciones naturales de *I. paraguariensis*, se identificaron y analizaron perfiles de tipo *SNPs* obtenidos mediante tecnología *DArTseq*, en 29 individuos pertenecientes a dos poblaciones naturales (BR1 N=14 & BR2 N=15) de yerba mate ubicadas en el estado de Paraná (Brasil). Los filtros para la selección de los marcadores *SNPs* fueron: reproducibilidad de 0,95 y *call rate* de 0,4, eliminándose del análisis todas aquellas muestras que exhibieron >40 % de datos perdidos. Se determinó para cada muestra, la heterocigosidad esperada (*He*), observada (*Ho*) y el coeficiente de rareza (*R*). Las distancias genéticas se estimaron mediante la distancia de Modificada de Rogers, ambos análisis fueron realizados con el Software BioR. Con la matriz de distancia se realizó un escalamiento multidimensional para visualización en 3D, para lo cual las muestras fueron categorizadas según la población a la que pertenecían. Fueron identificados un total de 14.194 marcadores *SNPs*. La heterocigosidad observada (*Ho*), varió de 0,202 a 0,339; en tanto que los valores de heterocigosidad esperada (*He*) variaron de 0,181 a 0,281. La población BR1 presentó los niveles más altos de *Ho* y *He*, 0,339 y 0,281 respectivamente; mientras que los valores más bajos fueron identificados en BR2 (*Ho* 0,202 y *He* 0,181). En cuanto al *R*, las muestras de la BR2 presentaron los valores más bajos (*R*= 5,355), mientras que los individuos con mayor número de alelos específicos se encontraron en la BR1 (*R*= 11,232). Los resultados obtenidos sugieren que la variabilidad genética encontrada en las poblaciones analizadas es alta, e incluso en el caso de la población BR1, con valores mayores a los encontrados en las poblaciones naturales argentinas (*He* entre 0,157 a 0,236). Considerando lo observado en el escalamiento multidimensional, se podría inferir además que existe una estructuración poblacional, pudiendo ser ésta una consecuencia de la fragmentación del hábitat natural de la especie.

Palabras clave: Yerba mate. *Next Generation Sequence*. Marcadores moleculares.

Caracterización de la fenología reproductiva en un huerto semillero de *Ilex paraguariensis* St.-Hil.

Enriquez Wasylov, Federico^{1*}; Gianini, Analía¹; Kuzdra, Hipolito²; Molina, Sandra¹

¹Investigador, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nac 14 km 836, Cerro Azul,

*wasylov.federico@inta.gob.ar

²Técnico, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nac 14 km 836, Cerro Azul.

Resumen: La propagación y posterior comercialización de plantines de yerba mate que aseguren una calidad genética puede realizarse a partir de reproducción vegetativa (esquejes) o sexual (semillas). Para esta última es dispensable un huerto semillero, caracterizado por la presencia de pies seleccionados genéticamente como progenitores. La EEA Cerro Azul del INTA Misiones, dispone de un huerto semillero integrado por la combinación de los progenitores CA1/74 y CA8/74, dispuestos en una relación 3:1 con distanciamiento 3 m x 3 m con una densidad de 1100 pl/ha. La fenología es de suma importancia en el estudio de las plantas debido a su papel fundamental en diversos aspectos de la biología vegetal y en la interacción de las plantas con su entorno. El objetivo de este trabajo consistió en caracterizar la fenología reproductiva de este lote a fin de contribuir a la biología reproductiva de la especie. Para ello se utilizó el método cuantitativo de Fournier (1974). Se realizó un monitoreo periódico (semanal) de 10 hembras y 10 machos del huerto en el periodo comprendido desde septiembre de 2020 a julio 2023. Las fenofases de floración destacadas fueron botón floral, antesis y caída de pétalos, mientras que las de fructificación se clasificaron en fruto verde, pintón y maduro. Se denotó que la época de floración femenina acontece con mayor incidencia entre los meses de septiembre a noviembre. En cambio, la floración masculina posee dos periodos, siendo el primero coincidente con la femenina y el segundo próximo a la época otoñal. Se detectó heterogeneidad en la cantidad de días de duración de la floración entre los periodos de la misma y entre la sexualidad de la planta. La fructificación es observable entre los meses de noviembre y marzo, con una duración aproximada entre 80 y 100 días. Estos datos resultan indispensables para planes de mejoramiento, ya que otorgan herramientas concretas para elaborar estrategias de manejo para cruzamientos controlados y potenciar así la producción de semillas.

Palabras clave: Fenología. Huerto semillero. Reproducción.

A yerba mate agroforestry system

Comolli, Luis R.*; Schegg, Esteban; Infuleski, Cristian; Fassola, Hugo; von Wallis, Alejandra; Bulfe, Nardia M.; Barth, Sara R.; Gauchat, María Elena; Munareto, Néstor; Wyss, Fabio

Luis R. Comolli, independent, *lrcmolli@gmail.com

Abstract: Towards the end of 2021 and during the first two months of 2022 a heat wave hit the northeast of Argentina, part of southern Brazil, Paraguay, and Uruguay, after a prolonged drought. The effects were catastrophic for agriculture, biodiversity, and the local economy. Extreme climate events have become globally more common, and this fact has helped create a higher level of public awareness about global warming. All climate adaptation and mitigation strategies with a potential to have global impact are worth disseminating and discussing. For over two decades and a half we have committed heavily in the creation of the integrated agroforestry system we document here. The creation and continued leveraging of the system provide an example that it is possible to recover biodiversity and ecosystem services on lands previously eroded due to highly extractive exploitation without appropriate replenishment. Collaborations with public extension agencies have helped in capacity building and public outreach to show how an economic activity can be strengthened by the recovery of natural complexity. We believe that our project and similar ones should be one type of strategy in the toolkit for meeting the 2030 biodiversity targets, e.g., as discussed in the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (CBD COP 15) Global Biodiversity Framework. This Framework must try to give the world the toolkit to enable the 2050 vision of living in harmony with nature, achieving transformative change across our societies and putting nature on a path to recovery by 2030.

Keywords: Agroforestry. Sustainability. Biodiversity. Soil recovery. Adaptive.

Manual de Buenas Prácticas Actividad yerbatera/Cultivo y cosecha

Arndt, Guillermo Martín¹; Di Adamo, Paola²; Andino, Wilma³

¹Investigador, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nacional 14 km 836, Cerro Azul, arndt.guillermo@inta.gob.ar

²Investigadora, PRONAPRE SRT, Sarmiento 1962, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, pdiadamo@srt.gob.ar

³Abogada, Delegada de RENATRE en la provincia de Misiones, 3 de Febrero 1970, Posadas, Misiones, wandino@renatre.org.ar

Resumen: Para la elaboración del Manual de Buenas Prácticas, se conformó la Comisión de Trabajo de la Yerba Mate, en el marco del Programa Nacional de Prevención por rama de actividad (Resolución SRT N°770/13). Dicha Comisión está integrada por Instituciones y Organismos referentes del sector yerbatero, como ser, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT), la Unión Argentina de Trabajadores Rurales y Estibadores (UATRE), el Registro Nacional de Trabajadores Rurales y Empleadores (RENATRE), la Unión de Aseguradoras de Riesgos del Trabajo (UART), la Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) y el Ministerio del Agro y la Producción de Misiones. Esta Comisión se ha reunido periódicamente a fin de trabajar en la elaboración de este documento, el cual fue aprobado por consenso de todos los participantes. El Manual cuenta con una descripción detallada de todas las tareas que se realizan desde el cultivo de la yerba mate hasta su posterior cosecha, los riesgos asociados a cada etapa y una serie de recomendaciones para prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales, o bien disminuir el riesgo de su ocurrencia. Asimismo, se incluyen apartados específicos sobre enfermedades endémicas y sobre los factores de organización del trabajo. Es importante destacar que la actividad yerbatera se desarrolla en un ámbito predominantemente rural, por lo que los trabajadores se encuentran expuestos a numerosos riesgos, tales como riesgos físicos del ambiente de trabajo (temperatura, ruido, iluminación, vibraciones); riesgos químicos (gases, líquidos, vapores); riesgos de exigencia biomecánica (movimientos repetitivos, posturas forzadas, esfuerzo) y riesgos de accidentes (caídas, torceduras, picaduras, golpes, cortes, traumatismos de ojo). Algunas de las actividades consideradas fueron el traslado de los trabajadores, la preparación del suelo, la aplicación de herbicidas, la plantación, las diferentes podas de formación y de cosecha, y el manejo del material cosechado, entre otras. Las estadísticas elaboradas por la SRT correspondientes a los últimos cuatros años demuestran un promedio de 7.000 (siete mil) trabajadores cubiertos por el sistema de riesgos del trabajo, y una ocurrencia de 450 siniestros al año. En este sentido, ha sido vital conformar una mesa de diálogo multisectorial con el fin de trabajar conjuntamente en pos de la salud y la seguridad de las personas trabajadoras, considerando la importancia de la yerba mate como recurso agrícola estratégico para nuestro país.

Palabras clave: Yerba mate. Cultivo. Cosecha. Riesgos. Manual.

Efecto de la intensidad de sombreamiento sobre el rendimiento y contenido de cafeína en yerba mate clonal

Molina, Sandra Patricia¹; Kuzdra, José Hipólito²; Arndt, Guillermo Martín¹; Karpe, Claudio³; Belingheri, Luis Darío¹; Prat Kricun, Sergio Dante⁴

¹Investigador. EEA Cerro Azul, INTA, Ruta Nac. 14, km 836, Cerro Azul, molina.sandra@inta.gob.ar; arndt.guillermo@inta.gob.ar

²Técnico. EEA Cerro Azul, INTA, Ruta Nac. 14, km 836, Cerro Azul, kuzdra.hipolito@inta.gob.ar

³Técnico. Campo Anexo Cuartel Río Victoria, INTA, Ruta Nac. 14, km 1025, San Vicente, karpe.claudio@inta.gob.ar

⁴Investigador. Leandro N. Alem, spkricun@gmail.com

Resumen: En los estadios tempranos del crecimiento, la planta de yerba mate prefiere el sombreamiento, mientras que cuando adulta, su productividad se podría ver disminuida por la misma. En otras palabras, la yerba mate es una planta umbrófila, es decir que acepta sombra durante todo su ciclo y tolera mayor luminosidad cuando es adulta. Ante cualquier situación, el crecimiento del cultivo se ve severamente limitado por sombreamiento excesivo por otras especies. En el presente trabajo, se evaluó el efecto de la consociación de tres especies arbóreas sobre el rendimiento y el contenido de cafeína del cultivar clonal de yerba mate CA8/74 INTA, comparado con el testigo sin sombreamiento. Para ello, se establecieron 4 tratamientos: yerba mate a cielo abierto, y yerba mate consociado con 3 diferentes especies arbóreas para sombra: fresno (*Fraxinus americana* L.), grevillea (*Grevillea robusta* A. Cunn.) y anchico (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). Se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, donde el factor de bloqueo fue la pendiente del terreno. La densidad de plantación de la yerba mate fue de 4.000 pl.ha⁻¹ y la densidad de las especies arbóreas para sombra fue de 200 pl.ha⁻¹. Se presentan los datos de rendimiento de 13 años consecutivos de evaluación. Para la variable rendimiento, se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El testigo (cielo abierto) presentó el mayor rendimiento promedio con un valor de 10.033 kg.ha⁻¹ de hoja verde, en tanto que el tratamiento con sombra de fresno registró el menor rendimiento promedio de hoja verde con 4.570 kg.ha⁻¹. En relación con el contenido de cafeína en el último año, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos con sombra de anchico (1,99% base seca) y fresno (1,24% base seca). El sombreamiento generado con la densidad utilizada de especies arbóreas repercute negativamente en el rendimiento de la yerba mate.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Sombra. Consociación. Productividad.

Atividade de um produto à base de azadiractina visando ao controle da ampola-da-erva-mate

Loeblein, Jaqueline Suelen¹; Alves, Luis Francisco A.^{1*}; Fetter, Isabela¹; Guimarães, Ana Tereza B.²

¹Laboratório de Biotecnologia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, Brasil, *luis.alves@unioeste.br

²Laboratório de Investigação Biológica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, Brasil.

Resumo: A ampola da erva-mate, *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer and Trelles) é uma das principais praga da erva-mate. O ataque se dá nas brotações, onde as fêmeas adultas ovipositam. As folhas se tornam deformadas, com o surgimento de galhas globosas, onde as ninfas se desenvolvem, protegidas durante toda a fase imatura. Esse hábito impede que aplicações de inseticidas alcancem os insetos, tornando necessário um método alternativo para seu controle. Azadiractina, um derivado da planta de nim, tem ação sistêmica. Sendo assim, este estudo visou avaliar a ação do produto Azamax®, à base de azadiractina (12 g de azadiractina/L) como um potencial método alternativo para o controle da ampola (ninfas e adultos) em cultivos de erva-mate, via pulverização ou irrigação. O efeito sobre ninfas foi avaliado em mudas de erva-mate, contendo galhas da ampola. As plantas foram irrigadas por 3 vezes, a cada sete dias, com 70 mL da solução aquosa do produto (30, 48 o 66 mg i.a./L) no solo, em junto às raízes e outro grupo de plantas recebeu os mesmos tratamentos, em pulverização (1). Avaliou-se também o efeito residual e contato direto contra adultos (2). Para avaliação residual, mudas de erva-mate receberam pulverização de 1 mL dos mesmos tratamentos anteriores. Após secagem, as plantas receberam 20 adultos em gaiolas de plástico. No contato direto, adultos forma pulverizados com as mesmas soluções descritas, e liberadas em gaiolas com plantas de erva-mate. O produto também foi avaliado em campo (3). Plantas de erva-mate com 20 anos de idade, logo após a poda e brotação, foram pulverizadas ou irrigadas com solução de Azamax (24 mg i.a./L, 500 mL/planta). Nas mudas irrigadas ou pulverizadas com Azamax, o desenvolvimento das ninfas foi afetado, reduzindo significativamente o número de adultos emergidos (entre 60 e 100%, de acordo com a concentração ou aplicações). Houve efeito sobre adultos, com mortalidade tanto no contato residual (30 a 80% de mortalidade), como direto (40 a 9-% de mortalidade). Em campo, após as 3 aplicações de solução de Azamax houve menor quantidade de galhas nas plantas irrigadas com o produto (68%). Além de reduzir a população da ampola, não houve efeito fitotóxico aparente nas plantas tratadas. Confirmou-se o potencial do azadiractina para o controle da ampola em plantas de erva-mate.

Palavras-chave: Derivado botânico. Controle alternativo. Praga.

Possibilidades para utilização do fungo *Beauveria bassiana* no controle da ampola da erva-mate

Alves, Luis F. A.^{1*}; Loeblein, Jaqueline S.¹; Fetter, Isabela¹; Schapovaloff, Maria E.²

¹Laboratório de Biotecnologia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, Brasil, *luis.alves@unioeste.br

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA - Montecarlo, Misiones, Argentina.

Resumo: A ampola da erva-mate é uma praga importante da cultura, devido aos hábitos de alimentação e reprodução que se dão novas brotações da planta. As folhas atacadas se tornam deformadas e surge uma galha globosa, onde as ninfas se desenvolvem protegidas durante toda a fase imatura. Diante da dificuldade do controle nessa fase, estudos prévios comprovaram que adultos são suscetíveis aos fungos entomopatogênicos. Visando comprovar a eficiência do fungo no controle da ampola, avaliou-se a eficiência do isolado Unioeste 44 do fungo *Beauveria bassiana* em suspensão de conídios (1) e também em dispositivos para atração-e-infecção (2), em condições controladas e em campo. Avaliou-se também a capacidade de transmissão horizontal do fungo (3). No tratamento de pulverização, foram preparadas gaiolas com mudas de erva-mate, sendo tratadas previamente (efeito residual) ou posteriormente à liberação dos insetos (contato direto). Os experimentos de atração-e-infecção em laboratório foram realizados em gaiolas com mudas e com dispositivos de coloração amarela, impregnadas com fungo. Em campo, os dispositivos foram preparados e distribuídos nas plantas de erva-mate. Em ambos os casos, foram utilizadas armadilhas adesivas amarelas para comprovar a infecção dos insetos. A transmissão horizontal envolveu a preparação de gaiolas com insetos sadios e diferentes proporções de insetos vivos e infectados previamente com o fungo. A mortalidade de insetos no efeito residual variou de 16-48% e no tratamento de contato direto variou de 65-75%. Os dispositivos, em condições controladas, atraíram e infectaram adultos, com 60% de mortalidade. No experimento em campo, os dispositivos atraíram e infectaram até 18% dos insetos nas armadilhas adesivas, mesmo após a retirada dos dispositivos das árvores. A eficiência do fungo em ambas as formas de utilização é complementada pela ocorrência de transmissão horizontal, com 68-88% de mortalidade a partir de insetos infectados em meio a insetos sadios. Os resultados obtidos são animadores e comprovam o potencial do fungo no manejo populacional da ampola, tanto em viveiros de mudas como em plantios comerciais.

Palavras-chave: Fungo entomopatogênico. Controle biológico. Praga.

Morte dos ponteiros de erva-mate causadas por espécies de *Fusarium*

Bilenki Junior, Valdomiro¹; Garcia Auer, Celso^{2*}; Tessmann, Dauri José³; Jarek, Tiago Miguel⁴; Figueredo dos Santos, Álvaro⁵

¹Mestrando em Agronomia Produção Vegetal, PGAPV-UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil.

²Coorientador, Laboratório de Patologia Florestal, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil,
[*celso.auer@embrapa.br](mailto:celso.auer@embrapa.br)

³Coorientador, GoGenetic Agro, Curitiba, Paraná, Brasil.

⁴Coorientador, UEM, Maringá, Paraná, Brasil.

⁵Orientador, PGAPV-UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil.

Resumo: A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma espécie endêmica da América do Sul, ocorrendo naturalmente na região Sul do Brasil, nordeste da Argentina e leste do Paraguai. A cultura possui grande importância social, econômica e ambiental, da qual importantes produtos são obtidos, tais como bebidas (chá, mate, chimarrão e tererê) e cosméticos. Em 2020, foi observada a ocorrência de necrose e morte descendente de brotos em mudas e plantas adultas de erva-mate, de causa desconhecida, em Colombo, União da Vitória e Cruz Machado, estado do Paraná, Brasil. O objetivo deste estudo foi identificar o agente causal desta doença, usando características morfológicas e comprovar sua patogenicidade. Para isso, procedeu-se à obtenção de isolados de *Fusarium* spp. em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) mais cloranfenicol (40 ppm) e ampicilina (80 ppm). Culturas monospóricas foram obtidas e a morfologia dos isolados de *Fusarium* spp. foi avaliada (conidiogênese, esporodóquio, macro e microconídio, clamidósporo, tipo de micélio aéreo e cor), conforme metodologia descrita por Leslie e Summerell (2006). O teste de patogenicidade foi realizado em folhas e brotos destacados, sob condições controladas de estufa e em plantas no campo. Oito isolados de *Fusarium* spp. foram obtidos e com base nas características morfológicas foram identificados como pertencentes aos complexos *Fusarium fujikuroi* e *F. graminearum*. Os isolados inoculados causaram sintomas em folhas e brotos de erva-mate, semelhantes aos observados em viveiro e campo. Culturas de *Fusarium* foram reisoladas em meio BDA e os postulados de Koch foram cumpridos. Conclui-se que os sintomas de necrose e morte descendente de brotos de erva-mate são causados por isolados dos complexos *F. fujikuroi* e *F. graminearum*. Este é o primeiro relato destes complexos de *Fusarium* causando doença em brotos de erva-mate.

Palavras-chave: Doença. Etiologia. Fungo. *Ilex paraguariensis*.

Control de la *Gyropsylla spegazziniana* (Hemíptera: Aphididae) con diferentes insecticidas en el cultivo de la yerba mate

Caire, L.¹; Acuña, P.²

¹Egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Itapúa, General Artigas, lauracairegonzalez@gmail.com

²Profesor orientador de la Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, sede General Artigas, pacuna@uni.edu.py

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.), es un cultivo que tuvo su origen en el Paraguay, encontrándose en el bosque, posteriormente se alteró su hábitat natural con el fin de aumentar su productividad, con ello también se modificó el equilibrio del cultivo, trayendo consigo insectos perjudiciales, dándose una atención especial en la *Gyropsylla spegazziniana*, agente causal del rulo de la Yerba mate. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de insecticida de diferentes grupos sobre el rulo de la yerba mate en condiciones de campo. El experimento se llevó a cabo en el 2021 en la finca de un productor, ubicado en la compañía Colonia Independencia, del distrito de General Artigas, departamento de Itapúa, Paraguay. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los insecticidas fueron Piriproxifen 35% (450 cc/ha), *B. bassiana* 1,5 x10⁹ conidios/ml (1000 cc/ha), Acetamiprid 70% (360g/ha), Aceite vegetal 100% (4000 cc/ha) y un testigo sin aplicación. Los tratamientos fueron aplicados en planta con alta infestación y con rulo no abierto; posterior a la aplicación se cubrió las ramas tratadas con tela organza. Se evaluó la mortalidad promedio de ninfa y adulto y el porcentaje de eficacia medidos por la fórmula de Abbot; realizada a los 3, 7 y 14 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos. Los resultados que arrojaron diferencias significativas fueron sometidos al Test de comparación de medias usando la prueba de Duncan al 5%. Se verificó que los insecticidas Acetamiprid y Piriproxifen obtuvieron los mayores porcentajes de control con una media superior al 80% sobre el rulo desde los 3 DDA y mantuvo esa misma tendencia hasta los 14 DDA; mientras que para el entomopatógeno *B. bassiana* la mejor eficacia se obtuvo recién a los 14 DDA con una media por arriba del 50% de control y con el aceite vegetal se observó muy baja eficacia sobre el rulo de la yerba mate.

Palabras clave: Insecticidas, *Gyropsylla spegazziniana*, yerba mate.

Susceptibilidad de *Gyropsylla spegazziniana* (Hemiptera: Aphalaridae) (Lizer y Trelles) a la azadiractina

Benitez Mendoza, Daiana¹; Schapovaloff, Maria ¹; Costa, Marcos¹; Aquino, Diego¹; Gimenez, Lucas¹; Alves, Luis F. A.²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA - Montecarlo, Misiones, Argentina, daianab.mendoza95@gmail.com

²Laboratório de Biotecnologia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, Brasil, luis.alves@unioeste.br

Resumen: *Gyropsylla spegazziniana* es la principal plaga del cultivo de yerba mate. Los adultos y ninfas succionan la savia de las hojas nuevas e inyectan toxinas que causan hipertrofia en los tejidos, dando origen a agallas llamadas “rulos”, que resguardan a los huevos y a las ninfas. Las hojas deformadas se desarrollan mal y caen después de la salida de los insectos, reduciendo el rendimiento en la producción. Los métodos de control son poco eficientes y consisten en la poda de los brotes atacados y en el caso del control químico con el insecticida Dimetoato. A pesar de la importancia económica de la plaga no hay opciones sustentables para el control y es por eso, que en este trabajo se evaluó la eficacia de control de la azadiractina contra esta plaga. Se realizaron dos ensayos, uno de riego (A) y otro de pulverización (B) de las soluciones de azadiractina 2.5 (T1), 4.0 (T2) y 5.5 (T3) ml del producto/L de agua. En el control, los plantines recibieron solamente agua destilada. Los bioensayos se realizaron en jaulas cilíndricas de cloruro de polivinila (PVC) incoloro (13 cm de diámetro × 40 cm de alto) conteniendo un plantín y adultos de *G. spegazziniana*. En el ensayo de riego, los plantines fueron tratados mediante riego con 30 ml de las dosis de azadiractina. Se realizaron en total 3 aplicaciones con una diferencia de 7 días entre aplicaciones. A las 48 h de realizada la primera aplicación se realizó la liberación de 30 insectos adultos/plantín. A los 30 días se evaluó la formación de agallas y al 10° día la muerte de los insectos adultos. En el ensayo de pulverización, los plantines recibieron 1 ml de cada solución de azadiractina sobre el plantín. Luego de secarse por 1 h fueron colocados en jaulas de PVC con 20 insectos adultos/plantín. Se evaluó de la misma forma que en el ensayo de riego. En los 2 ensayos (A y B) se utilizaron 5 plantines por tratamiento y en el control, recibiendo 20 ml de agua hasta el final de la evaluación. En el ensayo A se obtuvo la mortalidad: 0 % (control); 32 % (T1), 45 % (T2) y 36 % (T3). 3 agallas formadas en el control, 1 agalla en T1, 1 en T2 y 0 en T3. En el ensayo B se obtuvo 0 % (control), 36 % (T1), 36 % (T2), 73 % (T3) de mortalidad, y 4 agallas formadas en control, 1 en T1, 1 en T2 y 1 en T3. Estos resultados muestran el potencial de control de la azadiractina sobre *G. spegazziniana*, el cual debería de comprobarse con ensayos a campo.

Palabras clave: Control alternativo. Rulo de la yerba mate. *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.

Evaluación de aislamientos nativos de *Beauveria spp.* para el control de taladro de la yerba mate (*Hedypathes betulinus* Klug.; Coleoptera: Cerambycidae)

Benitez Mendoza, Daiana¹; Schapovaloff, Maria¹; Scherf, Abel¹; Costa, Marcos¹; Alves, Luis F. A.²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA - Montecarlo, Misiones, Argentina,
daianab.mendoza95@gmail.com

²Laboratório de Biotecnologia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, Brasil, luis.alves@unioeste.br

Resumen: El taladro de la yerba mate (*Hedypathes betulinus* Klug) (Coleoptera: Cerambycidae) es una de las principales plagas en el cultivo de yerba mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.). Los síntomas de ataque son la presencia de aserrín próxima a la base de las plantas, árboles con follaje escaso y amarillo y un gran número de gajos quebrados, debido a las galerías realizadas por las larvas del insecto y por la acción del viento. La colecta manual de los adultos de *H. betulinus* es una de las prácticas actualmente recomendada para el control de esta plaga. El uso de hongos entomopatógenos constituye uno de los grupos de mayor importancia en el control biológico de insectos plaga. En el presente trabajo se evaluó la eficiencia de control de aislamientos nativos de *Beauveria spp.* contra esta plaga. En bioensayos de selección fueron probados 10 aislamientos nativos (t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9, t10), siendo utilizados 30 insectos adultos en el control y por aislamiento. Estos insectos fueron sumergidos en una suspensión de hongos con Tween 80 al 0.01% (1×10^8 conidios/ml) y en el control fueron sumergidos en agua destilada, luego fueron mantenidos condiciones controladas (26 ± 1 °C, HR 70%, fotoperiodo de 14 h de luz) durante 15 días. Los registros de mortalidad se realizaron cada 24 h. Los insectos muertos fueron retirados, esterilizados superficialmente y colocados en cámaras húmedas en condiciones controladas y oscuridad para promover el crecimiento del hongo para confirmar la muerte por el mismo. Todos los tratamientos fueron patogénicos. Se obtuvo el 100% de mortalidad confirmada en los aislamientos t5, t6 y t9, 97% en t3 y t8, 93% en t1 y t10, 90% en t4, 83% en t7 y 73% en t2. Estos resultados expresan el potencial de control de los aislamientos nativos, los cuales deben ser constatados a campo.

Palabras clave: Hongos entomopatógenos. Control biológico. *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.

Presentación del Proyecto: Contribución al conocimiento de los parasitoides de *Hedypathes betulinus* (Coleoptera: Cerambycidae) y *Perigonia lusca* (Lepidoptera: Sphingidae) del cultivo de yerba mate, con énfasis en las moscas Tachinidae (Diptera) en la provincia de Misiones

Schapovaloff, M. E.^{1,2*}; Gramajo, M. C.³; Scherf, A. N.^{1,2}; Costa, M. R.¹; Benitez, D. M.^{1,2}; Alves, L. F.⁴; Jozami, A. C.³; Mulieri, P. R.^{2,5}; Torres, D. M.^{2,5}

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Montecarlo. Misiones, Argentina,
*schapovaloff.maria@inta.gob.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

³Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.

⁴Laboratório de Biotecnologia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, Brasil.

⁵Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Buenos Aires, Argentina.

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) es una planta originaria de Sudamérica y Argentina produce el 62% del total mundial, del cual, la provincia de Misiones concentra el 90% de la superficie cultivada y la provincia de Corrientes el 10%. El cultivo de yerba mate presenta insectos plaga, entre ellos se encuentran *Hedypathes betulinus* (Klug.) (Coleoptera: Cerambycidae) y *Perigonia lusca* (Fabr.) (Lepidoptera: Sphingidae). En el estado larval ambas plagas producen los mayores daños al cultivo. Las larvas de *P. lusca* se alimentan con gran voracidad y pueden producir una importante reducción del área foliar del cultivo; y las larvas de *H. betulinus* se alimentan del leño, en los cuales construyen galerías que dificultan la circulación de savia, produciendo debilitamiento y muerte de las plantas. Frente a la demanda de cultivos económicamente sustentables y orgánicos, es esencial conocer y potenciar los enemigos naturales de estas plagas mencionadas, entre los que se destacan las moscas Tachinidae. Las Tachinidae constituyen una familia de moscas extremadamente diversas, presentes en todos los continentes, son endoparásitos de artrópodos y además eficientes reguladoras de las plagas agrícolas. En el marco de un subsidio obtenido a comienzos de este año, 2023, por la Fundación Williams “Fondos complementarios para la investigación con impacto en el territorio argentino 2022” se presenta este proyecto con los siguientes objetivos como: conocer la diversidad de parasitoides presentes en el cultivo de yerba mate en la provincia de Misiones; identificar los parasitoides Tachinidae presentes y registrar todos los datos sobre la biología de las moscas y su relación parásito /huésped para futuros estudios. Se ha observado la emergencia de algunos taquinidos en laboratorio, sobre material extraído del cultivo de yerba mate, por lo que se considera muy importante realizar un estudio secuenciado y profundo para conocer la población de enemigos naturales (de las mencionadas plagas) presentes en el cultivo. Ya sea estudios taxonómicos y datos de biología; para futuros estudios de interacción huésped /hospedero con el objetivo de implementar algún tipo de manejo integrado, utilizando las poblaciones de enemigos naturales presentes. Para llevar a cabo estos objetivos se realizarán monitoreos mensuales en plantaciones de yerba mate en distintas localidades de la provincia de Misiones (zona sur, centro y norte), que consistirán en la captura de ejemplares de moscas voladoras en el cultivo y/o cercanías, recolección de larvas *P. lusca* directamente del cultivo y troncos o ramas con síntomas de *H. betulinus*. Todo el material se trasladará al laboratorio para el acondicionamiento y etiquetado. Los ejemplares de moscas se mantendrán para la identificación que se realizará en la Fundación Miguel Lillo o en el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Muchos sectores se beneficiarán con este proyecto, los productores yerbateros y la cadena productiva, ya que este estudio les permitirá hacer un

diagnóstico completo del estado de sus cultivos, en cuanto a plagas y enemigos naturales presentes. La información generada a partir de este proyecto, podrá ser parte de la base del desarrollo de futuros programas de manejo integrado de estas plagas.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Plagas. Parasitoides.

Primer registro de *Spintherophyta aurichalcea* (Coleoptera: Chrysomelidae) en cultivos de yerba mate en Argentina

Schapovaloff, M. E.^{1,2*}; Scherf, A. N.^{1,2}; Costa, M. R.¹; Benitez, D. M.^{1,2,4}; Gramajo, M. C.³; Machuca, S. B.⁴; Ohashi, D. V.⁵; Ayala, D. S.^{2,5}

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Montecarlo. Misiones, Argentina, [*schapovaloff.maria@inta.gob.ar](mailto:schapovaloff.maria@inta.gob.ar)

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

³Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.

⁴Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM). Misiones, Argentina.

⁵Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Cerro Azul. Misiones, Argentina.

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – Hil.) es un árbol nativo y cultivado en Argentina, Paraguay y Brasil, cuyas hojas son utilizadas para la elaboración de distintas infusiones tradicionales del sur de Sudamérica como el mate, pero que también se ha vuelto un producto de exportación por sus características de bebida energizante natural de efecto similar al café. Argentina es el país con más plantaciones, 177.534 ha, liderada por la provincia de Misiones y seguida por el norte de Corrientes. El mayor porcentaje de la superficie cultivada es producida bajo el sistema convencional, caracterizado por ser un monocultivo a pleno sol, con aporte de insumos químicos (acaricidas, insecticidas, herbicidas, fungicidas, fertilizantes, etc.). En consecuencia, son ambientes con baja diversidad biológica, en los que las plagas (ya sean microorganismos o artrópodos) se ven favorecidas por la ausencia de sus enemigos naturales y otros mecanismos de control biológico. Diversas especies de artrópodos plagas están asociados a este cultivo, y muchas veces, el ataque a las partes aéreas de la planta produce daños de importancia que llevan a disminuir el rendimiento de estas. Este es el caso de la familia Chrysomelidae, que es uno de los grupos con mayor riqueza específica dentro del orden Coleoptera, con más de 35.000 especies descritas a nivel mundial. Los crisomélicos son principalmente fitófagos, en su mayoría oligófagos, y en menor medida también monófagos y polífagos. Por ello, algunos son considerados de importancia económica ya que pueden convertirse en plagas de cultivos. En Brasil se han citado para el cultivo de yerba mate a *Calligrapha polyspila*, *Chlamophora meridionalis*, *Diphaltica nitida* y *Spintherophyta semiaureata* (Coleoptera: Chrysomelidae), pero hasta el presente no se había citado en Argentina a ninguna especie de *Spintherophyta* en el cultivo de yerba mate. El objetivo de este trabajo fue identificar un coleóptero fitófago que fue encontrado produciendo un intenso daño foliar en los cultivos de yerba mate del NEA de Argentina. Durante campañas de monitoreos de insectos realizados en el cultivo de yerba mate en las provincias de Misiones y Corrientes desde el año 2021 al 2023, se observó su presencia causando alarma en los productores. Se hallaron adultos alimentándose de los brotes tiernos y atacando las yemas apicales, provocando la muerte de estas. Con la ayuda de red entomológica, aspiradores de mano y corte de hojas afectadas, se recolectaron ejemplares que se encontraban atacando tanto plantas adultas como jóvenes de yerba mate. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Control Biológico de la EEA Montecarlo para su acondicionamiento, y posterior envío a especialistas de la Fundación Miguel Lillo para su identificación. Los especímenes se depositaron en la colección de la Fundación Miguel Lillo de Tucumán, Argentina. Como resultado de la identificación, se registra por primera vez para las provincias de Misiones y Corrientes (Argentina) la presencia de *Spintherophyta aurichalcea* causando daños directos sobre *I. paraguariensis*.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Insecto plaga. Daño. Brotaciones.

Distribución de *Spintherophyta aurichalcea* (Coleoptera; Chrysomelidae) en la zona productora de yerba mate (*Ilex paraguariensis*), Argentina

Ohashi, D. V.^{1*}; Ayala, D. S.^{1,2}; Enriquez Wasylow, F. A.¹; Schapavaloff, M. E.³; Scherf, A. N.³; Costa, M. R.³; Machuca, S.⁴; Florentín, J.⁵; Petruk Nowosad, M.⁴

¹Investigador. EEA Cerro Azul INTA, CR Misiones, Argentina, *ohashi.diana@inta.gob.ar

²Becaria INTA – CONICET. EEA Cerro Azul INTA, CR Misiones, Argentina.

³Investigador. EEA Montecarlo INTA, CR Misiones, Argentina.

⁴Extensionista. Instituto Nacional de Yerba Mate. Misiones, Argentina.

⁵Asesor técnico.

Resumen: *Spintherophyta aurichalcea* es un pequeño crisomélido de entre 3 y 3,5 mm, de color ocre, que suele verse brillante bajo la luz del sol. De cuerpo muy convexo y casi plano ventralmente. La cabeza no es visible dorsalmente, en los élitros posee hileras de puntos más o menos regulares y una fina puntuación en protórax. El adulto al alimentarse roe la epidermis de yemas y brotes de yerba mate, que al seguir su desarrollo foliar se necrosan y determinan su daño característico en brotes con áreas necrosadas o perforadas. Los primeros ataques en yerba mate se observaron en marzo 2021 en la zona centro (Alvear) y norte (Montecarlo), en 2022 se detectaron entre marzo y abril en la zona sur (Concepción de la Sierra), en la zona oeste (Jardín América y General Urquiza) y en la zona centro (Cerro Azul). En 2023 se registraron presencia y daño sobre yerba mate entre febrero y junio en la zona centro (Alvear, Campo Ramón, Cerro Azul, Gobernador López, Guaraní, Leandro N. Alem y Oberá); zona noroeste (Andresito, Montecarlo y Puerto Esperanza); en la zona sur (Apóstoles, Azara, Concepción de la Sierra y Tres Capones), en la zona noreste (San Pedro), así como en la zona norte de Corrientes (Garabí, Liebig y Virasoro). Esta especie fue encontrada produciendo daños en brotes de yerba mate en las 5 Zonas Agroeconómicas Homogéneas de Misiones y en la zona norte de la Provincia de Corrientes. Las variaciones climáticas podrían limitar el desarrollo de especies vegetales asociadas al cultivo, reduciendo la disponibilidad del hospedero alternativo de este insecto, ya que existen registros de colecciones de esta especie en Misiones (colección entomológica en Instituto Miguel Lillo), pero estos son los primeros registros de su daño y distribución en la zona yerbatera de Argentina. Es necesario continuar con las observaciones y posibles estudios especialmente en plantaciones nuevas donde el ataque en la brotación puede retrasar el desarrollo de la planta.

Palabras clave: Brote. Crisomélido. Plaga

Frecuencia, abundancia y diversidad de nematodos fitoparásitos asociados a cultivos de yerba mate bajo monte y a cielo abierto

Quenhan Sosa, Diego Guillermo^{1*}; Pedrozo, Monserrat²; Rivarola Senna, Ana Clarizza¹; Esquivel-Fariña, Arnaldo³

¹La Clínica Vegetal, Universidad San Carlos, Asunción, Paraguay, *clinicavegetal@sancarlos.edu.py

²Universidad San Carlos, Asunción, Paraguay.

³Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.

Resumen: En los últimos años, la exportación de yerba mate aumentó considerablemente, adquiriendo una gran importancia económica para productores del Paraguay, donde actualmente, es producida en dos sistemas de cultivo: bajo monte y a cielo abierto. Los fitonemátodos cobraron protagonismo en la producción, ya que perturban al desarrollo normal de las plantas y pueden ocasionar pérdidas económicas al productor. La identificación y cuantificación de estos parásitos son cruciales en la toma de decisiones para su control, sin embargo, poca es la información disponible al respecto en el cultivo de yerba mate. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue identificar y conocer la frecuencia los principales géneros de fitonemátodos presentes en los sistemas de producción mencionados. La toma de muestras se realizó en fincas de productores beneficiados por la Fundación Moisés Bertoni, situadas en el distrito de Villa Ygatimi del Departamento de Canindeyú, en la Reserva de Mbaracayú. Fueron recolectadas 10 muestras de suelo, provenientes de dos parcelas de cultivo bajo monte, y 12 muestras de suelos provenientes de 2 parcelas del sistema a cielo abierto. Las muestras obtenidas fueron procesadas y evaluadas en La Clínica Vegetal de la Universidad San Carlos. La extracción de nemátodos se realizó por el método de flotación centrífuga en solución de sacarosa, modificado de Jenkins (1964). Los nematodos fueron cuantificados e identificados a nivel de género con el uso del microscopio. Los datos obtenidos fueron sometidos a estadística descriptiva y la frecuencia de ocurrencia (FO) de cada uno de los géneros fue calculada por la fórmula de Norton (1978). Adicionalmente, se calculó el índice de diversidad por la fórmula de Shannon y Weaver (1963). En las muestras extraídas de cultivos bajo monte, fueron identificados 13 géneros de fitonemátodos; la mayor frecuencia correspondió a *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* con un 100%; seguido por el grupo de Tyléchidos con 90%, *Xiphinema* con 70%, *Criconemella* con 60%; y *Hemicycliophora*, *Rotylenchus* y *Trichodorus* con 40%. Los géneros menos frecuentes fueron *Hoplolaimus*, *Tylenchorhynchus* con 30% y *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Scutellonema* con 20%. Los nemátodos de vida libre tuvieron una frecuencia del 100%. El género más abundante en estas muestras fue *Helicotylenchus* con una media de 116 individuos/100 cm³ de suelo. Por otro lado, en el sistema de cultivo a cielo abierto fueron identificados 9 géneros, la mayor frecuencia registrada correspondió a *Criconemella*, *Helicotylenchus*, *Trichodorus* y el grupo Tylénchidos con un 100%; seguido por *Meloidogyne* con 92%, *Xiphinema* con 33%; *Tylenchorhynchus* y *Pratylenchus* con 25% y *Rotylenchus* con 20%. Los nemátodos de vida libre presentaron una frecuencia del 100%. Los géneros más abundantes en estas muestras fueron *Criconemella* y *Helicotylenchus*, con una media de 168 y 87 individuos/100 cm³ de suelo, respectivamente. Por último, el sistema de cultivo que presentó mayor índice de diversidad fue el sistema bajo monte, con un índice de 1,88, en comparación al sistema de cultivo a cielo abierto que obtuvo un índice de 1,78. Futuras investigaciones serán necesarias para saber el verdadero impacto de estas diferencias en la producción nacional.

Palabras clave: Plagas. Producción. Biodiversidad. Protección.

Crescimento inicial de mudas de erva-mate sob diferentes fontes de adubação em remanescentes florestais do Planalto Norte de Santa Catarina - Brasil

Vogt, Gilcimar Adriano^{1*}; Gallotti, Gilson José Marcinichen¹

¹Pesquisadores/ Eng. Agrônomo M.Sc./Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Canoinhas/SC Brasil, *gilcimar@epagri.sc.gov.br

Resumo: Há grandes variações na resposta ao crescimento inicial e taxa de sobrevivência de mudas de erva-mate sob diferentes fontes de adubação em áreas de remanescentes florestais. O objetivo do projeto foi avaliar a resposta no crescimento inicial e sobrevivência de mudas de erva-mate em diferentes condições de adubação orgânica e mineral com macro e micronutrientes em remanescentes florestais (Caívas). O experimento foi conduzido no município de Três Barras, Santa Catarina, Brasil, em esquema fatorial em parcelas subdivididas com cinco fontes de adubação na cova nas parcelas, com e sem calcário nas subparcelas. As fontes de adubação foram: Testemunha (sem adubação na cova), com adubação química com NPK (100% recomendação de P); cama de aves (100% recomendação de P); cama de aves antecipada (100% recomendação de P realizada 60 dias antes do plantio); e, adubação organomineral (50% cama de aves e 50% NPK com base na recomendação de P) ambos com e sem adubação calcário visando o suprimento com Ca e Mg. O crescimento inicial foi avaliado medindo-se o incremento absoluto em altura aos 3, 6, 9, 12 e 24 meses após o plantio, número de folhas aos 3, 6 e 9 meses após o plantio e diâmetro de colo aos 3, 6, 9, 12 e 24 meses após o plantio. Também foi avaliado o percentual de plantas sobreviventes ao longo dos dois anos de avaliação e a produção de massa verde na ocasião da poda de formação. A altura de planta não foi afetada pelas fontes de adubação, pela aplicação de calcário e ou pela interação entre os fatores, a exceção da leitura aos 24 meses após o plantio, o qual a adubação com NPK apresentou incremento significativo. Quanto número de folhas não houve efeito significativo entre os fatores e a interação. O diâmetro do colo foi superior aos 3 meses após o plantio para o tratamento NPK, não apresentando efeito da aplicação do calcário e nem da interação entre os fatores. Aos 6, 12 e 24 meses após o plantio não houve efeito da adubação ou presença ou ausência de calcário. Aos 9 meses após o plantio, houve efeito significativo da presença da adubação com calcário, apresentando diâmetro de colo superior ao tratamento sem calcário. Na produção de massa verde no momento da poda de formação de mudas de erva-mate houve incremento significativo no tratamento com adubo NPK. Quanto a taxa de sobrevivência de mudas, a adubação com NPK afetou negativamente o parâmetro em todas as avaliações (3, 6, 9, 12 e 24 meses após o plantio). Houve incremento de produção de massa verde proveniente da poda de formação quando as plantas foram adubadas com NPK, entretanto nas condições testadas, a adubação química com NPK afetou negativamente a taxa de sobrevivência de mudas de erva mate, especialmente em virtude de déficit hídrico ocorrido no período entre o plantio das mudas e a avaliação final. A aplicação de calcário visando suprimento de Ca e Mg não influenciou a taxa de sobrevivência e a produção de massa verde nas mudas de erva-mate conduzidas em Caívas.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*. Adubação. Mudas florestais. Mortalidade.

Recuperación de parcela degradada de yerba mate en finca de la agricultura familiar en el distrito de Tavaí, departamento de Caazapá, Paraguay

Zelada, Natalia^{1*}; Enciso, Cipriano²; González, Jorge²; Tullo, Cirilo²; López, Carlos²; Santacruz, Armando³; Bogado, Giovanni³

¹Docente Investigadora. Facultad de Ciencias Agrarias/Universidad Nacional de Asunción. Campus Universitario, San Lorenzo, *natalia.zelada@agr.una.py

²Docente Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias/Universidad Nacional de Asunción. Campus Universitario, San Lorenzo

³Docente Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias/Universidad Nacional de Asunción. Filial Caazapá

Resumen: En el Paraguay entre los cultivos permanentes, la yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) es la que presenta mayor área cultivada con 38.724 ha. Entre los años 2008 y 2022 hubo un aumento del 48% en la cantidad de fincas productoras, pasando de una producción de 76.663 a 211.420 toneladas. Pese a estos buenos resultados el rendimiento promedio nacional sigue manteniéndose por debajo de los 6.000 kilos por hectárea (CAN, 2022). Existen diversos factores que inciden en el rendimiento, entre los cuales se encuentran la utilización de plantines de mala calidad, suelos degradados, prácticas agrícolas como la cosecha realizada sin considerar criterios técnicos. Debido a lo mencionado, la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) ejecutaron el proyecto “Adopción de Paquetes Tecnológicos para Cultivos Producidos por Pequeños Productores Rurales en Paraguay” entre los años 2015 a 2019. En el marco de dicho proyecto se elaboró un paquete tecnológico para el cultivo de la yerba mate producido en fincas de la agricultura familiar. Entre los componentes del paquete tecnológico elaborado en forma participativa entre docentes investigadores de la FCA/UNA, técnicos del MAG y productores se puede mencionar: el análisis de suelo, la fertilización órgano mineral, utilización de abonos verdes, descompactación del suelo, manejo de plagas y la cosecha mejorada. Este paquete fue aplicado en una parcela demostrativa dentro del predio de un productor del distrito de Tavaí, departamento de Caazapá. La evaluación del rendimiento de hojas se realizó en tres cosechas sucesivas. Los resultados indican que la aplicación del paquete tecnológico permitió incrementar el rendimiento promedio de 2.685 kg ha⁻¹ a 4.233 kg ha⁻¹ en un periodo de tres años, lo cual indica que se tuvo un aumento en el rendimiento de 58%. Finalmente se puede mencionar que la adopción de los componentes tecnológicos difundidos permitió incrementar el rendimiento en yerba mate, y que la parcela demostrativa es una herramienta eficiente para la difusión de tecnologías de producción.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Paquete tecnológico. Suelos degradados. Rendimiento.

Comparación de métodos de muestreo para el estudio de *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer & Trelles) en cultivos de yerba mate

Ayala, Daniela Sofía^{1*}; Ohashi, Diana Virginia²; Tereschuk, Aníbal Adrián³; Trumper, Eduardo⁴; May Petroff, Noelia Judith¹

¹Becaria. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (CONICET-INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Cerro Azul, Ruta Nacional 14. Km. 1085, Misiones, Argentina, *ayala.daniela@inta.gob.ar

²Investigador. INTA, EEA, Cerro Azul.

³Técnico. INTA, EEA, Cerro Azul.

⁴Investigador. INTA EEA Manfredi, Ruta Nacional N°9 - Km. 636, Córdoba, Argentina.

Resumen: El psílido *Gyropsylla spegazziniana*, es una plaga principal del cultivo de yerba mate. Una vez infestada la planta, las hojas sufren una alteración dando lugar a la formación del “rulo” que ocasiona la inhibición del brote y, en consecuencia, la disminución del rendimiento en la cosecha. El manejo integral de *G. spegazziniana* representa un desafío, y si bien se utiliza un insecticida de amplio espectro (dimetoato), su efectividad en el control de la densidad poblacional del psílido no ha sido claramente establecida. Por tanto, para diseñar estrategias más eficientes de control, resulta imprescindible profundizar en el conocimiento de las interacciones que ocurren entre el insecto y la planta. El método de muestreo indirecto es el más utilizado y se basa en estimaciones que dificultan la observación y análisis de esas interacciones. En esta investigación, se comparó el método de muestreo indirecto, la Trampa Möricke, con uno nuevo de muestreo directo (insecto-planta), no invasivo y poco oneroso. El método de la Trampa Möricke consistió en colocar un recipiente amarillo con una solución de agua y detergente a 1,5 m del suelo. Cada 7 días se recolectó la muestra en un frasco para su traslado y se recargó la trampa con la solución. Para el muestreo directo se dividió cada una de las 10 plantas seleccionadas aleatoriamente en cuatro cuadrantes. En cada uno se tomó una muestra sacudiendo un brote dentro de bolsas de polietileno, con congelamiento posterior, para facilitar su análisis en laboratorio. Los procedimientos se repitieron en cada muestreo, realizado una vez por semana, en un lote de yerba mate en Cerro Azul, Misiones, Argentina, desde febrero de 2021 hasta mayo de 2023. La variable de estudio fue el número total de individuos adultos de *G. spegazziniana* por fecha, y el conteo se realizó utilizando una lupa binocular marca Leica modelo S6E. Los datos se normalizaron a través de una transformación mediante el cálculo del logaritmo neperiano (\ln) de $n+1$, donde "n" representa el número de individuos capturados. Posteriormente, se procedió a realizar el análisis de regresión, utilizando los datos normalizados de la trampa como variable independiente y los datos normalizados del muestreo directo con bolsas como variable dependiente. El objetivo fue determinar si existe una relación significativa entre ambas variables y evaluar la fuerza de la asociación. Del análisis, se obtuvo un valor de R^2 de 0.28, con una pendiente significativamente superior a 0 ($p < 0.01$). El mismo análisis se realizó transformando los datos de conteo directo a través de medias móviles para integrar las estimaciones de 2 fechas de muestreo sucesivas, buscando aproximar el carácter acumulativo de la trampa. Este nuevo análisis de regresión arrojó un valor de R^2 de 0,35 con pendiente significativa ($p < 0.01$). Esto muestra que es necesario continuar el estudio de estos métodos de monitoreo de la fluctuación de adultos de *G. spegazziniana*, así como determinar qué variables influyen en la eficiencia y representatividad de cada una, para mejorar la interpretación de los datos obtenidos y poder incluirlos en futuras estrategias de manejo integrado.

Palabras clave: *Gyropsylla spegazziniana*. *Ilex paraguariensis*. Métodos de muestreo.

Evaluación de la senescencia foliar en el cultivo de yerba mate

Enriquez Wasylov, Federico^{1*}; Prates, Julian²; Sosa, Ramiro¹; Molina, Sandra¹; Skromeda, Matías³

¹Investigador, Equipo Yerba mate y Té, INTA, EEA Cerro Azul, Ruta Nac 14 km 836, Cerro Azul,

*wasylov.federico@inta.gob.ar

²Encargado de vivero, Pomera Maderas, Ruta Nac 12 km 1342, Posadas

³Asesor Técnico, INYM, Rivadavia 1515, Posadas.

Resumen: La senescencia foliar es un evento fenológico donde ocurre la caída de hojas a través de un desmantelamiento ordenado, donde los nutrientes son redireccionados desde las células envejecidas hacia las hojas nuevas u otras partes en desarrollo. Los individuos de *Ilex paraguariensis* St.-Hil. presentan hojas perennes, siendo éstas, junto con las ramas finas, el principal producto de cosecha en el cultivo de la yerba mate. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar y cuantificar la caída natural de las hojas en el cultivo de yerba mate a lo largo de su ciclo productivo. Para ello se monitorearon cuatro lotes productivos de yerba mate, ubicados en la zona sur de la provincia de Misiones en los municipios de Apóstoles y Tres Capones, cada uno con diferencias en el tipo de manejo. En cada lote se seleccionaron 10 individuos sanos distanciados por al menos un línea intermedio, los cuales fueron monitoreados cada 2 semanas durante un año, entre noviembre de 2018 y noviembre de 2019, empleando cajones recolectores debajo del dosel de las mismas. Se determinó el peso fresco y seco de la biomasa obtenida mediante una balanza digital AMIR® de precisión 0,01 g. Se detectó concordancia entre los cuatro lotes respecto a los periodos de senescencia foliar durante el ciclo productivo. Se detectaron principalmente dos periodos de caída de hojas, uno de ellos con mayor incidencia entre los meses de abril a agosto, y menor incidencia entre los meses de noviembre a enero. Se detectó un promedio por lote de 1.530, 1.257, 1.373 y 2.354 kg/ha de peso fresco promedio en la biomasa. Si bien la caída de hojas es un proceso de reciclaje natural, queda en evidencia que el mismo se ve acentuado en dos épocas del año, en otoño-invierno, probablemente por la disminución de la heliofanía y durante el verano, quizás ligado al aumento de la temperatura. Estos datos contribuyen al estudio del impacto de la senescencia foliar en la cosecha de la yerba mate.

Palabras clave: Caída de hoja. Fenología. Producción de hoja verde.

Atividade de um produto à base de azadiractina visando ao controle do ácaro-vermelho na erva-mate

de Andrade Rode, Priscila¹; Alves, Luis Francisco A.^{2*}; Loeblein, Jaqueline²; Toldi, Maicon¹; Juarez Ferla, Noeli¹

¹Universidade do Vale do Taquari, Lajeado (RS), Brasil.

²Laboratório de Biotecnologia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, Brasil, *luis.alves@unioeste.br

Resumo: Ácaros nos cultivos de erva-mate formam um grupo relevante que em determinadas situações podem alcançar o *status* de pragas. Destaca-se nesse contexto, o ácaro-vermelho, *Oligonychus yothersi* (McGregor, 1914) (Acari: Tetranychidae). Danificam as folhas, que devido às lesões caem precocemente, reduzindo assim a produtividade. Contra ele, na erva-mate, não há acaricidas registrados no Brasil. A azadiractina é um derivado da planta popularmente conhecida por nim. Apesar da sua ação contra o ácaro-vermelho já ser conhecida, este estudo visou avaliar a ação sistêmica, visando assim identificar um potencial método alternativo para o controle do ácaro-vermelho nos cultivos de erva-mate. Assim, avaliou-se em laboratório, a ação do produto Azamax[®], à base de azadiractina (12 g de azadiractina/L), com aplicação via irrigação. Mudanças de erva-mate receberam 3 aplicações semanais de 70 mL da solução aquosa do produto (30, 48 ou 66 mg i.a./L) no solo, junto às raízes. Uma semana após cada aplicação, foram retiradas folhas das plantas e, no laboratório, as folhas foram infestadas com 15 fêmeas adultas do ácaro. Avaliou-se o efeito na oviposição, fertilidade e mortalidade do ácaro (1). Outro grupo de plantas foram tratadas com o produto na concentração de 30 mg i.a./L (concentração recomendada). Após sete dias, as folhas foram retiradas das plantas e infestadas com fêmeas adultas para oviposição e observação da progênie (2). As fêmeas adultas alimentadas em plantas tratadas com azadiractina apresentaram redução na oviposição (23,7 - 44,2%) e na fertilidade (27,4 - 48,1%), e maior mortalidade (14,6 - 47,5%), variando conforme a concentração de ingrediente ativo na calda. A progênie de ácaros alimentados continuamente nas plantas tratadas com o produto também foi afetada, com significativa redução na oviposição, aumento na duração do período ovo-adulto e redução da longevidade de machos. Confirmou-se assim, a ação sistêmica da azadiractina a partir da aplicação do produto via irrigação nas plantas de erva-mate. Tais resultados, somados às informações de ensaios anteriores com a pulverização do produto na erva-mate, foram utilizados para o registro do produto visando ao controle do ácaro-vermelho no Brasil.

Palavras-chave: Derivado botânico. Controle alternativo. Praga.

Estudio exploratorio de la potencialidad de la indicación geográfica de la yerba mate paraguaya

Echeverría Ucedo, Tamara Inés*; Tonholo, Josealdo

Becaria, Universidad Federal de Alagoas, Maceio Brasil, *tamiecheverriau@gmail.com

Resumen: El presente trabajo final de curso, cuyo objetivo fue plantear aspectos legales y la situación referente a la indicación geográfica de la yerba mate (*Ilex paraguayensis*) en América Latina y en particular en Paraguay, a través de una compilación de datos sobre patentes y artículos científicos desarrollados sobre yerba mate en países como Japón, Estados Unidos y países de América Latina, revisión de la legislación relevante para las indicaciones geográficas en América Latina y un análisis crítico de las indicaciones geográficas cercanas o similares a la yerba mate en América Latina. Se presenta como un trabajo que consiste en una revisión sistemática de la literatura que se abordó con una investigación del tipo mixta, exploratoria, no experimental, recaudando los datos necesarios para demostrar el estado actual de las indicaciones geográficas de la yerba mate paraguaya. La cantidad de muestra consiste en 200 a 300 combinados entre artículos científicos y patentes que fueron consultadas de fuentes bibliográficas de alto impacto sobre propiedad intelectual como Scielo, ScienceDirect, Scopus, Web of Science, INPI, DINAPI, LATIPAT, Derwent y Orbit que contengan las siguientes palabras clave: “yerba mate”, “*Ilex paraguayensis*”, “erva mate”, “mate herb” y la combinación entre ellas. Los resultados arrojaron que los países en la región con mayores artículos científicos y patentes se encuentran en Brasil, pero con relación a patentes también figuran países como Estados Unidos y Japón. Este trabajo puso en evidencia que Paraguay necesita mejorar la calidad de investigaciones con respecto de la yerba mate y potenciar todo lo referente a la protección de productos y servicios originarios del país con la protección de indicaciones geográficas, especialmente la importancia de la potencialidad de la Yerba Mate como Indicación Geográfica del Paraguay.

Palabras clave: Propiedad intelectual. Yerba mate. Paraguay. Indicación geográfica.

Relevamiento de factores de riesgo ergonómico en la cosecha de yerba mate en el departamento Leandro N. Alem, Misiones, Argentina

Viera, Rubén Leandro¹; Hoyos, Hernán Carlos²

¹Licenciado en Higiene, Seguridad y Medio Ambiente del Trabajo. Universidad Empresarial Siglo21, Calle De los Latinos 8555, (CP 5000). Ciudad de Córdoba. Argentina, leandroviera89@gmail.com

²Doctor en Farmacia y Bioquímica, Docente e Investigador. Universidad Empresarial Siglo21, Calle De los Latinos 8555, (CP 5000). Ciudad de Córdoba. Argentina, hernan.hoyos@ues21.edu.ar

Resumen: Este trabajo de investigación se enfoca en la identificación y análisis de los factores de riesgo ergonómico y biomecánico presentes en la actividad de cosecha manual de yerba mate en las zonas Centro y Sur de la provincia de Misiones, particularmente en el departamento L. N. Alem y adyacentes. Esta investigación pretendió especificar qué fenómenos intervienen en la producción de trastornos músculo-esqueléticos en los trabajadores de la cosecha manual de yerba mate; también describir tendencias respecto de las patologías generadas por dichos fenómenos. La encuesta, como herramienta investigativa, estuvo dirigida a tareferos que trabajan en los yerbatales. Se seleccionaron 6 grupos de tareferos previamente conformados, dependientes de 5 “cuadrilleros” y un productor primario respectivamente; siendo los criterios de esta selección (o inclusión) la disponibilidad y relativa accesibilidad a ellos. Para la recolección de datos se utilizó una encuesta en soporte papel, que comprendió 29 preguntas, algunas de las cuales eran para recabar datos de los encuestados, otras eran de tipo cerradas con variedad de respuestas preestablecidas, mientras que las restantes fueron de selección múltiple. Algunas preguntas se basan en el Cuestionario Nórdico (Ibacache Araya, s.f.), de identificación de trastornos músculo-esqueléticos, mientras que otras se enfocan en Elementos de Protección Personal (EPP), capacitaciones, etc. Las variables discretas han sido analizadas mediante el software Decision Analyst STATS™ 2.0 Desktop para obtener datos de estadística descriptiva de la muestra. Los resultados de la investigación, principalmente, revelan que existen condiciones laborales que exceden los límites seguros, como el levantamiento manual de raídos que superan los 50 kg y la flexión excesiva del torso al recogerlos del suelo. Además, se destaca que los trabajadores se encuentran sometidos a ritmos de trabajo intensos con poco tiempo de descanso, lo que contribuye a la aparición de problemas musculoesqueléticos, especialmente en la región lumbar, hombros y zona cervical, sin dejar de mencionar que, en muchos casos, sin utilizar los EPP correspondientes. Para dar solución a estas situaciones detectadas, se sugieren soluciones prácticas y efectivas: una de las opciones es la implementación de tecnología avanzada, lo cual permitiría liberar a los trabajadores de tareas más forzosas y repetitivas, mejorando su bienestar físico y psicológico. Además, se sugiere reevaluar el proceso tradicional de cosecha, buscando reducir el peso de los raídos de hoja verde para evitar cargas excesivas durante el levantamiento; así como el uso de guinches y carros de arrastre rediseñados para facilitar el transporte de la yerba mate. Es importante destacar que, es necesario abordar estrategias para desarrollar protocolos para el trabajo decente y la seguridad laboral, enfocándose hacia la producción responsable, no sólo por el uso efectivo de los recursos sino también por la salud de los trabajadores, resultando provechoso, así, para todos los eslabones de la cadena productiva de la yerba mate.

Palabras clave: Yerba Mate. Riesgo ergonómico. Biomecánica. Seguridad laboral. Mejora de procesos.

Mbaracayú Yerba Mate Guataha: Un circuito turístico sostenible

Recalde, Carmen* ; Yegros, Ever

Fundación Moises Bertoni, Prócer Argüello 208 Villa Morra, Asunción., *crecalde@mbertoni.org.py

Resumen: Mbaracayú Yerba Mate Guataha, ubicado en el departamento de Canindeyú, Paraguay, constituye un circuito turístico sostenible que se extiende por los municipios de Curuguaty y Villa Ygatimí, enmarcado dentro de la Reserva de Biosfera del Bosque Mbaracayú. Su propósito fundamental radica en fomentar un turismo responsable y sostenible, centrado en la yerba mate, un recurso cultural y ecológico de gran relevancia en la zona. El itinerario comprende detenciones en puntos de interés ligados a la producción de yerba mate y al entorno natural del área núcleo de la reserva, donde los visitantes son partícipes de experiencias turísticas de profundo significado. A lo largo del circuito, se ofrecen recorridos guiados, demostraciones prácticas de la elaboración de yerba mate y la oportunidad de interactuar con la comunidad local, generando ingresos económicos y perspectivas de prosperidad para los habitantes locales. Mediante la creación de empleos directos e indirectos, que incluyen a guías turísticos y proveedores de servicios afines, el circuito potencia la economía local y su crecimiento. Es de suma relevancia destacar que, en este contexto, se ha impulsado la inclusión y empoderamiento de mujeres y jóvenes de la comunidad, proporcionándoles vías de desarrollo a través del turismo sostenible. Además de su dimensión social, el proyecto pone de relieve la sostenibilidad ambiental al enfocarse en prácticas agrícolas sustentables en la producción de yerba mate bajo monte y al fomentar la toma de conciencia medioambiental entre los visitantes. Los senderos y áreas de descanso desarrollados se encuentran en armonía con la biodiversidad local, respetando su integridad. El rasgo esencial de la identidad cultural adquiere un rol trascendental en el circuito, al fortalecer la identidad local a través del resalte de la trascendencia histórica y cultural de la yerba mate en la región. En suma, Mbaracayú Yerba Mate Guataha emerge como un modelo de turismo sostenible que mezcla la conservación medioambiental, el arraigo cultural y el bienestar socioeconómico en un conjunto armónico y enriquecedor.

Palabras clave: Turismo sostenible. Yerba mate. Medio ambiente. Recurso cultural. Economía.

El polvo de palos de yerba mate como bioadsorbente de Cromo VI presente en soluciones acuosas

Covinich, Mónica Mariela^{1,2}; Silva, Carla Giovana^{2,3}; Scipioni, Griselda Patricia^{2,3}

¹Becario. IMAM, UNaM, CONICET, INYM, FCEQyN, Laboratorio de yerba mate.

²Profesor/Investigador. UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

³Investigador. IMAM, UNaM, CONICET, FCEQyN, Laboratorio de yerba mate, Posadas, Misiones, Argentina, gpatriciascipioni@yahoo.com.ar

Resumen: Los adsorbentes no-convencionales, verdes o bioadsorbentes (BioAd), son una alternativa ecológica, asequible y económica para la remoción de metales pesados presentes en agua. Se obtienen como desechos o subproductos en la industria alimentaria y agrícola. En el procesamiento de la yerba mate se generan polvos y palos como subproductos de valor reducido. La yerba mate contiene compuestos fenólicos y otros metabolitos con capacidad de formar complejos y reducir al Cr VI. Las hojas agotadas han demostrado la adsorción eficaz de Cr III y Cr VI en solución acuosa, de modo que los palos podrían presentar propiedades de bioadsorción similares. En el presente trabajo se planteó adicionar polvo de palos de yerba mate a soluciones acuosas de Cr VI y determinar el porcentaje de cromo que es adsorbido por el material a diferentes tiempos. El BioAd presentó un tamaño de partícula menor a 420 micras. Se utilizaron dos concentraciones diferentes de Cr VI bajo la forma de dicromato de potasio 0,1 M y 0,01 M. A 100 mL de solución se agregó 10 g de polvo, se agitó y se dejó en reposo a temperatura ambiente. El tiempo de contacto Cr VI-BioAd fue de 6 h, 12 h y 24 h para cada concentración. Se prepararon 6 muestras con sus triplicados. Luego se separó el sólido por centrifugación y sobre la fracción líquida se determinó la concentración de Cr total por espectrofotometría UV-Vis a 540 nm con difenilcarbazida como reactivo cromogénico. Los datos obtenidos mostraron que la remoción de Cr VI en las soluciones 0,01 M fue de 83%, 92% y 94%; en tanto que en las soluciones 0,1M fue de 76%, 89% y 93,5%. El análisis de varianza de dos factores y la prueba de múltiples rangos indicaron que el tiempo y la concentración de Cr VI presentaron influencia significativa sobre el porcentaje de bioadsorción. Esto podría explicarse considerando que la bioadsorción de Cr VI es un proceso de reducción-adsorción favorecida por la capacidad de los compuestos fenólicos de complejar metales y que, cuando la concentración de Cr VI en el medio es mayor sería necesario mayor tiempo de contacto para que el sistema alcance el equilibrio, involucrando los procesos de adsorción y los equilibrios de reducción-complejación de las especies de Cr. Se concluye que, en las condiciones de ensayo, con las concentraciones evaluadas y un tiempo de contacto de 24 h, sería suficiente para adsorber más del 90% del Cr VI en medio acuoso.

Palabras clave: Yerba mate. Polvo de palos. Bioadsorción. Cromo VI.

Formulación de un producto deshidratado a base de hoja de yerba mate y ascorbato de calcio

Geryng, Williams¹; Neis, Emiliano Roberto^{2,3}; Silva, Carla Giovana^{3,5}; Covinich, Mónica Mariela^{3,4}; Scipioni, Griselda Patricia^{3,5}

¹Becario. UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

²Becario. IMAM, UNaM, CONICET, FCEQyN, Laboratorio de yerba mate.

³Profesor/Investigador. UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

⁴Becario. IMAM, UNaM, CONICET, INYM, FCEQyN, Laboratorio de yerba mate.

⁵Investigador. IMAM, UNaM, CONICET, FCEQyN, Laboratorio de yerba mate, Posadas, Misiones, Argentina, gpatriciascipioni@yahoo.com.ar

Resumen: El polvo de hoja de yerba mate es un recurso rico en compuestos bioactivos, útil para obtener extractos acuosos con múltiples aplicaciones, aunque la turbidez y la coloración oscura pueden limitar su agregado a otros alimentos. Los cationes polivalentes precipitan sustancias en suspensión y la vitamina C, agregada como ascorbato, evita la oxidación de ciertos compuestos presentes en los alimentos. El objetivo del presente trabajo fue formular un producto deshidratado a base de extractos acuosos, obtenidos del polvo de hoja de yerba mate (PHYM), y ascorbato de calcio (CaAsc). Los extractos se prepararon en una relación de 1:10 PHYM/agua, a una temperatura de 80 °C durante 30 minutos. A alícuotas de extracto se agregaron volúmenes variables de solución de CaAsc para obtener concentraciones efectivas entre 688 y 1210 mg de CaAsc/100 ml de extracto. Cada extracto se centrifugó y el sobrenadante se dividió en alícuotas de igual volumen, a las que se agregó maltodextrina (MD) en concentraciones desde 0,00% hasta 3,75% p/v. Las soluciones resultantes se deshidrataron en estufa y el sólido se trituró hasta polvo fino y se acondicionó en recipiente de cierre hermético. Se midieron los parámetros de color Luminosidad L*(0 negro; 100 blanco) y las coordenadas cromáticas a*(-a verde; +a rojo) y b*(-b azul; +b amarillo) con un colorímetro marca Technydine Color Touch. Al producto deshidratado (PD) que presentó la menor coloración con respecto al extracto deshidratado de yerba mate sin agregado de calcio (producto control), se le determinaron: contenido de humedad (CH) por pérdida de masa a 60°C, fenoles totales (FT) con el reactivo de Folin-Ciocalteu, vitamina C (vit C) residual por titulación redox con iodo, cenizas totales (CT) por calcinación en mufla y contenido de calcio (Ca) por espectrofotometría de Absorción Atómica. El control presentó valores de L* 28,55; a* 6,24 y b* 13,54 y el PD de L* 41,25; a* 7,68 y b* 26,49. Además, el PD presentó un contenido de CT 7,50 g%; FT de 13,2 g%; vit. C residual de 9,90 g% y Ca residual 2,105g%. Este último valor equivale a 0,245g de Ca residual por cada 100 mL de extracto (inicialmente este extracto contenía 1210 mg/100 mL). Se concluye que el agregado de CaAsc y MD permiten obtener un producto con mayor claridad, que contiene Ca y vit. C residual como ingredientes importantes desde el punto de vista nutricional.

Palabras clave: Producto deshidratado. Fenoles Totales. Calcio. Vitamina C.

Metales tóxicos en la yerba mate: Estudio y análisis del caso del sur de Brasil

Valduga, Alice Teresa¹; Gonçalves, Itamar Luís²; Magri, Ederlan³; Zambillo Palma, Marcos Antonio⁴; Steffens, Clarice^{1,5*}

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS 99700-000, Brazil.

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS 99700-000, Brazil.

³Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários 1540 - Juvevê, Curitiba, PR 80035-050, Brazil.

⁴Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo. Av. Jacob Reinaldo Haupenthal, 1580 - Bairro São Pedro, Cerro Largo - RS, 97900-000.

⁵Programa de Pós-graduação em Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS 99700-000, Brazil, *clarices@uricer.edu.br

Resumen: La yerba mate es una bebida sudamericana tradicional que está ganando popularidad en todo el mundo debido a sus numerosos beneficios para la salud y su sabor único. Sin embargo, ha habido preocupaciones sobre la posible presencia de metales tóxicos en la yerba mate. Los metales tóxicos son elementos naturales que se pueden encontrar en el suelo y el agua donde se cultivan las plantas, incluida la yerba mate. Estos metales incluyen plomo, cadmio, arsénico y mercurio, entre otros. Pueden ingresar a la planta de yerba mate a través de la absorción del suelo o del agua y, posteriormente, llegar al producto final consumido por las personas. Este estudio tuvo como objetivo investigar la presencia de metales tóxicos, como cadmio y plomo, en yerba mate comercial procesada y hojas in natura del sur de Brasil. Se recolectaron y analizaron un total de 370 muestras de yerba mate procesada y 122 de hojas in natura para detectar metales tóxicos mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente. Los resultados mostraron que alrededor del 50% de las muestras procesadas excedieron los niveles autorizados de cadmio y/o plomo, metales tóxicos. La concentración promedio de cadmio en la yerba mate procesada fue de $0,37 \pm 0,19$ mg/kg, mientras que para el plomo fue de $0,34 \pm 0,21$ mg/kg. La Agencia Brasileña de Regulación Sanitaria (ANVISA) fijó valores máximos de 0,4 mg/kg para cadmio y 0,6 mg/kg para plomo en la yerba mate comercializada en el Mercado Común del Sur (Mercosur). Los valores encontrados en este estudio fueron superiores a los autorizados y también se detectaron en las hojas de yerba mate sin procesar. Estos hallazgos plantean preocupaciones sobre los riesgos potenciales asociados con el consumo de yerba mate contaminada con niveles elevados de metales tóxicos. Es importante tener en cuenta que, si bien ha habido preocupaciones sobre la presencia de metales tóxicos en la yerba mate, la mayoría de los productos en el mercado son seguros para el consumo. Sin embargo, ser conscientes de estos riesgos potenciales y tomar decisiones informadas puede ayudar a garantizar una experiencia segura y agradable al beber yerba mate.

Palabras clave: Cadmio. Plomo. Hojas.

Nanopartículas de plata sintetizadas con extractos de yerba mate en medios conteniendo polivinilpirrolidona

Werenczuk, Roberto Matías¹; Brusilovsky, David Leopoldo^{2,3}; Wassan, María Zulma²; Scipioni, Griselda Patricia^{2,3*}

¹Tesista. UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

²Profesor/Investigador. UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

³Investigador. IMAM, UNaM, CONICET, FCEQyN, Posadas, Misiones, Argentina,

*gpatriciascipioni@yahoo.com.ar

Resumen: Las nanopartículas de plata (AgNPs) poseen acción bactericida al liberar iones plata que actúan sobre macromoléculas esenciales para la vida de los microorganismos. El tamaño y la ruta de acceso de las AgNPs son de especial importancia. Los polímeros dispersantes como la polivinilpirrolidona (PVP) tienen la capacidad de mantener aisladas a las AgNPs, evitando la formación de estructuras de mayor tamaño. Los extractos acuosos de yerba mate (EYM) contienen metabolitos que reducen los iones plata, ofreciendo un método de biosíntesis económico, no tóxico y ecológico. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agregado de PVP en concentraciones variables sobre el tamaño de las AgNPs obtenidas mediante biosíntesis reductora utilizando EYM. Los EYM se prepararon en una relación 5:100 de yerba mate/agua, a 70°C durante 30 min, se centrifugaron a 12000 rpm y se filtraron con filtros de 0,22 micras. Por dilución se obtuvieron las soluciones reductoras y las soluciones 2mM de iones Ag, conteniendo PVP en concentraciones de 0,00%; 0,025%; 0,050%; 0,1%; 0,25%; 0,50% y 1%, respectivamente. La síntesis se realizó agregando la solución de iones Ag al medio reductor. Paralelamente se prepararon soluciones blanco de PVP- AgNO₃ y PVP - yerba mate. Cada reacción de síntesis se siguió por espectroscopía UV-Vis durante 22 h. Concluida la reacción se centrifugó a 12000 rpm, se eliminó el sobrenadante, se agregó agua destilada y se centrifugó nuevamente. Este procedimiento se repitió con etanol. A continuación, se estudió la estructura por difracción de rayos X. Los espectros UV-Vis mostraron picos de absorción entre 423 y 468 nm atribuidos a la resonancia plasmónica de las AgNPs, mientras que los difractogramas de rayos X revelaron un pico intenso en $2\theta = 38,02^\circ$, indicando una estructura cristalina cúbica de nanocristales de plata con un tamaño comprendido entre 25,7 y 43,3 nm, similar al obtenido en ausencia de PVP. Los resultados obtenidos permiten concluir que la adición de PVP no afectaría al tamaño y dispersión de las AgNPs cuando se sintetizan con extractos de yerba mate, aunque estos resultados deberían confirmarse por microscopía electrónica.

Palabras clave: Síntesis verde. Nanopartículas de plata. Yerba mate. Polivinilpirrolidona.

Hidrólisis del ácido clorogénico de la yerba mate mediante pellets de *Aspergillus niger* con actividad CHasa: efecto del tiempo de residencia en un sistema continuo

Butiuk, Ana Paula¹; Brumovski, Tamara Nicole²; Godoy, Iván Ezequiel³; Martos, María Alicia⁴

¹Investigador Asistente CONICET. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina,

anabutiuk@fceqyn.unam.edu.ar.

²Becario Doctoral CONICET. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina,

tamarabrumovsky@gmail.com

³Becario Grado UNaM. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, ivaneg213@gmail.com

⁴Profesor Titular/Investigador Categoría II. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina,

amartos2009@gmail.com

Resumen: La clorogenato hidrolasa (CHasa, EC 3.1.1.42) es una enzima que cataliza la hidrólisis de ácido clorogénico (ACG) liberando ácidos quínico (AQ) y cafeico (AC). El AQ es un químico fino de interés farmacéutico que se utiliza como material de partida de diferentes semi-síntesis orgánicas (producción de aminoácidos aromáticos, antivirales y agroquímicos). Mientras que el AC es un químico fino con valor comercial ya sea como antioxidante o con uso potencial como materia prima de otros procesos de importancia farmacológica (i.e. síntesis de L-DOPA en desarrollo). CHasa es producida por diferentes especies de hongos filamentosos (género *Aspergillus*) en forma intracelular, cuando son cultivados en medios suplementados con materiales vegetales ricos en ACG. La yerba mate contiene un elevado contenido de ACG tanto en los palos (residuos de la industria yerbatera) como en las hojas. Por lo tanto, la yerba mate puede ser utilizada como inductor para la producción de la enzima CHasa por hongos filamentosos y como materia prima para la extracción del ACG y posterior producción de AQ y AC. En estudios previos se obtuvo y caracterizó una CHasa naturalmente inmovilizada en pellets de *Aspergillus niger* AKU 3302 utilizando yerba mate como inductor. El objetivo del presente trabajo fue utilizar estos pellets como biocatalizador en un biorreactor de lecho empacado y evaluar la influencia de la velocidad de flujo del biorreactor sobre la bioconversión de ACG de la yerba mate y sobre las productividades de sus productos de hidrólisis (AQ y AC). Para ello, los pellets fueron utilizados como relleno de una columna de vidrio y se hizo circular a través de la misma una solución acuosa con elevado contenido de ACG preparada a partir de palos de yerba mate. El proceso de hidrólisis se llevó a cabo a diferentes caudales de alimentación (13,6-88,2 ml/h). Las concentraciones de ACG, AC y AQ, tanto en la solución de alimentación como en el flujo de salida del biorreactor, fueron determinadas por HPLC utilizando un método adaptado de Adachi et al. (2008). El ACG inicialmente presente en el extracto de yerba mate fue completamente convertido en AC y AQ al circular a través del biorreactor a caudales inferiores a 48,82 ml/h. La máxima concentración de AC (167,3 mg/l) y AQ (128,03 mg/l) fue alcanzada a bajos caudales de operación (13,6 ml/h). Por otra parte, la máxima productividad para el AC (10,93 mg/h) fue obtenida a un caudal de trabajo de 88,18 ml/h. Mientras que la productividad para el AQ alcanzó un valor máximo (21,42 mg/h) a un caudal de 13,61 ml/h. Se alcanzaron conversiones de AC y AQ mayores al 100 %, lo cual se podría deber a que tanto el AC como el AQ fueron liberados a partir de otros ésteres diferentes al ACG por la acción de otras esterasas intracelulares (además de CHasa) presentes en el biocatalizador. Se confirmó la eficacia de los pellets de *A. niger* como

biocatalizador inmovilizado estable, con actividad CHasa, para la producción de AQ y AC a partir de extractos acuosos de yerba mate.

Palabras clave: Extractos de yerba mate. Ácido clorogénico. Clorogenato hidrolasa. Pellets de *Aspergillus niger*. Químicos finos.

Del campo a la mesa: Evaluación de la contaminación microbiológica en yerba mate de Paraguay en función a su granulometría

Lugo, Fernando¹; Mendoza, Laura²; González, Laura³; Piris, Laura⁴; Casal, Cinthia³; Moura Mendes, Juliana³; Fernández Ríos, Danilo³; Arrua, Andrea Alejandra^{3*}

¹Universidad Nacional de Asunción. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Campus Universitario. San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad San Carlos. Clínica Vegetal. Asunción, Paraguay.

³Universidad Nacional de Asunción. Campus de la UNA, General Patricio Escobar esq. Escuela Agrícola Mariscal López. San Lorenzo, Paraguay, *andrea.arrua@cemit.una.py, arrua@facen.una.py

⁴Instituto Nacional de Alimentación y Nutrición, Itapúa y Santísima Trinidad, Asunción, Paraguay

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es ampliamente consumida en América del Sur, principalmente en Paraguay, donde su uso tradicional ha sido acompañado por el reconocimiento de sus propiedades medicinales y beneficios a la salud. No obstante, su creciente popularidad y su expansión a nivel mundial plantean desafíos significativos en cuanto a la calidad y seguridad del producto. En este trabajo se evaluó la contaminación microbiológica en muestras de yerba mate comercializada en Paraguay, considerando la variabilidad en la granulometría de las mismas. Las muestras se analizaron mediante placas de dilución en serie. Para cada una de las 39 marcas analizadas se diluyeron 25 g de submuestra en 225 ml de agua destilada estéril. Una alícuota de 0,1 ml se esparció en Papa Dextrosa Agar (PDA) (90 × placas de 15 mm), que se incubaron a 25°C durante 5 días. El número de unidades formadoras de colonias (UFC) y la incidencia fúngica se determinó con base en las características morfológicas. Con respecto a la granulometría, la molienda fina presentó el nivel más alto de contaminación, $3,2 \times 10^4$ UFC/g con una mediana de $6,8 \times 10^2$ UFC/g, seguida por la molienda intermedia con $2,2 \times 10^4$ UFC/g y una mediana de $6,1 \times 10^2$ UFC/g; molienda gruesa, hasta un máximo de $7,1 \times 10^3$ UFC/g y una mediana de $1,6 \times 10^2$ UFC/g y el producto con palo, con un máximo de $8,0 \times 10^1$ UFC/g. Los datos actuales nos permiten inferir que una molienda fina del producto aumenta las posibilidades de contaminación en comparación con una molienda gruesa. Es importante analizar y considerar en la Norma Paraguaya NP 35.001/93 Yerba Mate Elaborada los parámetros microbiológicos teniendo en cuenta o considerando su granulometría.

Palabras clave: Yerba mate. Contaminación. Granulometría.

Presencia de hongos filamentosos en yerba mate compuesta y selección de medios de cultivo para aislamiento de *Aspergillus*

Parra, Yadira^{1,3}; Lugo, Fernando²; Benítez, Gilberto³; Arrua, Andrea Alejandra^{2,3}

¹Investigador, Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología, Campus Universitario, San Lorenzo, yparra@facen.una.py

²Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Laboratorio de Biotecnología, Campus Universitario, San Lorenzo.

³Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Mycology Investigation and Safety Team (MIST), Campus Universitario, San Lorenzo, andrea.arrua@cemit.una.py

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis*), una planta originaria de Sudamérica y popularmente consumida en Paraguay. Una de las formas en que se comercializa es compuesta, que incluye agregados de hierbas medicinales o esencias o una mezcla de ambos. Durante el cultivo, procesamiento, almacenamiento o envasado, el producto puede contaminarse con hongos, en especial aquellos pertenecientes al género *Aspergillus* spp., potencialmente productores de micotoxinas. En este trabajo se probó la efectividad de distintos medios de cultivo para el aislamiento de *Aspergillus*. Se utilizaron 3 muestras comerciales de yerba mate compuesta y 5 medios de cultivo para el aislamiento (Papa dextrosa agar; Extracto de malta agar al 6%; Agar agua; Czapek y Medio selectivo para aislamiento de *Aspergillus*). Con las muestras se realizaron diluciones seriadas 1/10 en agua destilada esterilizada; se sembró 1 mL por triplicado en placas de Petri de 90 mm de diámetro y se distribuyó con un ansa de Drigalsky. Posteriormente, las placas se incubaron a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Transcurridas 24 h se voltearon para facilitar el desarrollo de las colonias y se incubaron por 48 h más a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Se detectó la presencia de los géneros *Acremonium* sp., *Aspergillus* spp., *Cladosporium* sp., *Chalara* sp., *Fusarium* spp., *Nigrospora* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* spp., *Torula* sp. y *Trichoderma* sp. Los *Aspergillus* spp. fueron purificados en Papa Dextrosa Agar y para la clasificación a nivel de Sección se utilizó Extracto de malta agar a 27°C por 7 días. Las Secciones Flavi, Nigri, Circumdati y Fumigati se detectaron en las muestras. Los resultados del estudio demuestran que la yerba mate compuesta es un sustrato propicio para el desarrollo de diferentes géneros fúngicos incluyendo *Aspergillus* spp. y que el Medio selectivo para aislamiento de *Aspergillus* fue el más efectivo para aislar este hongo. Esta información es útil para el análisis de muestras de yerba compuesta demostrando su efectividad para el aislamiento de *Aspergillus*.

Palabras clave: Yerba mate. Micotoxinas. Buenas prácticas.

Contenido de minerales, cafeína y polifenoles totales en mate cocido de marcas comerciales según la preferencia de consumo de jóvenes adultos del Gran Asunción

Villalba, Rocio^{1*}; Recalde, Selva²; Caballero, Silvia¹

¹Investigador. Dpto. de Bioquímica de Alimentos, Dirección de Investigaciones, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo,

[*rociovillalba1402@gmail.com](mailto:rociovillalba1402@gmail.com)

²Estudiante de la carrera de Bioquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo.

Resumen: La yerba mate "*Ilex paraguariensis*" es un árbol típico del Paraguay que posee propiedades benéficas y es considerado un buen estimulante del sistema nervioso y buen antioxidante. En nuestro país es la materia prima para la elaboración de infusiones como el "cocido quemado", una bebida analcohólica, considerada un alimento básico de las familias paraguayas, cuyo consumo es frecuente en el desayuno y media tarde. El objetivo del trabajo consistió en evaluar el contenido de minerales (potasio, calcio, manganeso, magnesio, cobre, zinc, hierro y fósforo), cafeína y polifenoles totales en mate cocido de marcas comerciales según la preferencia de consumo de jóvenes adultos del Gran Asunción. Para ello se realizó en una primera etapa una encuesta de preferencia de consumo dirigida a jóvenes adultos del Gran Asunción y luego en una segunda etapa se determinaron el contenido de minerales, cafeína y polifenoles totales en muestras de mate cocido de marcas comerciales. Las muestras de mate cocido de marcas comerciales fueron: tres marcas del mate cocido en saquitos de té, tres marcas del mate cocido quemado tradicional y tres marcas del mate cocido soluble, siendo nueve muestras en total. De cada marca se adquirieron tres lotes distintos. Los extractos acuosos de Mate Cocido (MC) fueron preparados según las condiciones y recomendaciones de los fabricantes según marca y presentación (Tabla 1). Estos extractos se prepararon vertiendo 200 mL de agua destilada y desionizada de reciente hervor (100 °C) sobre cada muestra, se dejó en reposo por 15 minutos y, por último, las infusiones fueron filtradas sobre filtros de papel para análisis cuantitativo de 125 mm. Se realizó un mix de las infusiones de los lotes correspondientes a la misma marca y presentación. Los resultados fueron expresados en una porción de la infusión de mate cocido (200 mL de bebida). Los fenoles totales se determinaron por espectrofotometría UV-visible con el reactivo de Folin-Ciocalteu. La cafeína se determinó por cromatografía líquida de alta presión (HPLC) con detector de UV-Vis según norma IRAM 20512/2000 para yerba mate, y el contenido de minerales por metodología A.O.A.C. N°975.03 por espectrofotometría de absorción atómica con detector de llama (potasio, calcio, manganeso, magnesio, cobre, zinc, hierro). La determinación del fósforo se realizó según metodología espectrofotométrica UV-Vis descrita por la A.O.A.C N°970.39. Los datos obtenidos en la encuesta indicaron que de un total de 540 encuestados el 90,74 % consumen el mate cocido y que solo el 36,12% lo prefieren en alguna de las presentaciones comerciales. Respecto al contenido de minerales se reporta un aporte significativo de manganeso (0,89 – 4,03 mg/200 mL), cobre (0,02 a 0,04 mg/200 mL) y hierro (0,13 – 0,68 mg/200 mL). El contenido de cafeína estuvo entre 0,37 - 51,44 mg/200 mL de mate cocido. En cuanto a los polifenoles el aporte fue de 89,13 – 620,64 mg GAE/200 mL de mate cocido. Con este trabajo se demostró que la infusión del mate cocido contribuye con elevadas concentraciones de polifenoles, cafeína, y de los elementos minerales: hierro, cobre y manganeso.

Palabras clave: Mate cocido. Infusión. Composición química. Polifenoles.

Del cultivo a la taza: Análisis de la contaminación fúngica en la yerba mate y su relación con el manejo de cultivos

Lugo, Fernando¹; Mendoza, Laura²; González, Laura³; Piris, Laura⁴; Cazal, Cinthia³; Moura Mendes, Juliana³; Fernández Ríos, Danilo³; Arrua, Andrea Alejandra^{3*}

¹Universidad Nacional de Asunción. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Campus Universitario. San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad San Carlos. Clínica Vegetal. Asunción, Paraguay.

³Universidad Nacional de Asunción. Campus de la UNA, General Patricio Escobar esq. Escuela Agrícola Mariscal López. San Lorenzo, Paraguay, *andrea.arrua@cemit.una.py

⁴Instituto Nacional de Alimentación y Nutrición, Itapúa y Santísima Trinidad, Asunción, Paraguay.

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es una planta apreciada por sus propiedades vigorizantes y su contenido en vitaminas. Consumida en formas diversas como mate, tereré y cocido, ha sido objeto de investigaciones científicas para comprender su composición y calidad. Esta investigación se centra en la evaluación de la contaminación fúngica en muestras de yerba mate en función del manejo agrícola convencional u orgánico. Las muestras se evaluaron utilizando placas de dilución en serie de acuerdo con la metodología propuesta en ICMSF (The International Commission on Microbiological Specifications for Foods). En el caso de cada una de las 39 marcas analizadas, se mezclaron 25 g de muestra con 225 ml de agua destilada estéril. Luego, se tomaron 0,1 ml de esta mezcla y se aplicaron en placas de agar Papa Dextrosa (PDA), obteniendo así 90 placas de 15 mm. Estas placas se colocaron en incubación a una temperatura de 25 °C durante un período de 5 días. Los resultados revelaron que el 40% de las muestras positivas presentaron niveles de contaminación superiores a 1.8×10^3 UFC/g, excediendo los estándares establecidos por la normativa paraguaya para la yerba mate procesada según el Instituto Nacional de Tecnología Normalización y Metrología. En dicho análisis, el 54.5% de las muestras positivas revelaron niveles de contaminación inferiores a 1.0×10^3 CFU/g. Del total de muestras con niveles bajos de contaminación, el 93.4% correspondió a procesamiento convencional y el 6.6% a procesamiento orgánico. El manejo agrícola demostró influir en los niveles de contaminación fúngica. Las muestras provenientes de procesamiento convencional exhibieron niveles más altos, con una mediana de 6×10^2 UFC/g y un máximo de 3.0×10^4 UFC/g. Por el contrario, las muestras procesadas orgánicamente presentaron niveles significativamente más bajos, con una mediana de 1.0×10^1 UFC/g y un máximo de 4.0×10^3 UFC/g. El enfoque orgánico mostró también un potencial en la regulación de patógenos en el cultivo, debido a la mayor heterogeneidad del microbioma en suelos bajo esta modalidad. Estos hallazgos acentúan la necesidad de abordar la contaminación fúngica en la yerba mate desde un enfoque de manejo agrícola. La opción orgánica parece presentar beneficios en términos de calidad del producto y potencial control de patógenos. No obstante, la falta de regulación específica en la certificación orgánica en el país es un aspecto por considerar para promover la calidad y seguridad de la yerba mate en el mercado.

Palabras clave: Yerba mate. Manejo agrícola. Certificación orgánica.

Calidad de la yerba mate bajo la lupa: Perspectivas geográficas de la contaminación fúngica

Lugo, Fernando¹; Mendoza, Laura²; González, Laura³; Piris, Laura⁴; Cazal, Cinthia³; Moura Mendes, Juliana³; Fernández Ríos, Danilo³; Arrua, Andrea Alejandra³

¹Universidad Nacional de Asunción. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Campus Universitario. San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad San Carlos. Clínica Vegetal. Asunción, Paraguay.

³Universidad Nacional de Asunción. Campus de la UNA, General Patricio Escobar esq. Escuela Agrícola Mariscal López. San Lorenzo, Paraguay, *andrea.arrua@cemit.una.py, arrua@facen.una.py

⁴Instituto Nacional de Alimentación y Nutrición, Itapúa y Santísima Trinidad, Asunción, Paraguay.

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es una planta arraigada en la cultura sudamericana y es consumida en diversas formas en Paraguay, como mate, tereré y cocido. Además de su valor cultural, la yerba mate se ha asociado con múltiples propiedades beneficiosas para la salud, lo que ha impulsado su consumo y producción en el país. En este estudio, se evaluó la presencia de contaminación fúngica en 39 marcas comerciales de yerba mate que se producen y comercializan en nuestro país y para esto se diluyeron 25 g de muestra en 225 ml de agua destilada estéril para cada una de las 39 marcas analizadas. Luego, se tomó 0,1 ml de esta mezcla y se dispersó en placas de agar Papa Dextrosa (PDA), que se incubaron a 25 °C durante 5 días. Los resultados revelaron que el 84.6% de las muestras analizadas presentaban contaminación fúngica. La carga fúngica varió entre 2×10^1 UFC /g y $3,2 \times 10^4$ UFC /g, siendo casi el 40% de las muestras positivas superiores a $1,8 \times 10^3$ UFC/g, excediendo los límites establecidos por la normativa paraguaya. En cuanto a la distribución geográfica, se observaron los mayores niveles de contaminación en marcas producidas en los departamentos de Itapúa y Guairá, que exhibieron valores máximos de UFC/g de 3×10^4 y 2×10^4 , respectivamente. La evaluación geográfica señala a Itapúa y Guairá como los departamentos con los mayores niveles de contaminación, posiblemente debido a su liderazgo en volúmenes de producción de yerba mate, sin embargo, es necesario aclarar que este estudio se ha centrado en lotes específicos de productos y que estos niveles de contaminantes podrían variar entre lotes y entre años de producción. No obstante, estos resultados enfatizan la importancia de implementar medidas de control y monitoreo de la calidad de la yerba mate en distintas zonas del país.

Palabras clave: Yerba mate. Contaminación. UFC.

Análisis de la composición química de yerba mate en hojas y palos con miras al desarrollo de nuevos productos

Villalba, Rocio¹; Caballero, Silvia¹; López, Jennifer¹; Coronel, Eva¹; Piris, Patricia¹; Mereles, Laura^{1*}

¹Investigador. Dpto. de Bioquímica de Alimentos, Dirección de Investigaciones, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo,

*lauramereles@qui.una.py

Resumen: La yerba mate elaborada está compuesta de hojas y palos de *Ilex paraguariensis*, donde la composición química de ambas partes es diferente. Una vez cosechada la yerba mate canchada pasa por diferentes procesos térmicos que afectan su composición en humedad, vitaminas y minerales hasta llegar a la obtención del producto final. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de humedad, vitamina C, cafeína, hierro y calcio de hojas y palos procesados de *Ilex paraguariensis*. Para ello se cuantificó el contenido de humedad por metodología gravimétrica según AOAC 925.09, la vitamina C (ácido ascórbico) por metodología espectrofluorométrica según AOAC 984.26; cafeína por metodología de cromatografía líquida de alta presión utilizando columna C18 con detector UV-Vis IRAM 20512/2000. La cuantificación del hierro y el calcio por espectroscopía de absorción atómica con detector de llama según AOAC 975.03. en muestras de hojas y palos de yerba mate procesada (producto final). Las mismas se definieron como M1: hojas procesadas, M2: palos procesados. Las hojas presentaron menor contenido de humedad (9,72 g/100 g) que los palos (16,42 g/100 g) y menores concentraciones de calcio y hierro con valores de 701,1 y 21,1 mg/100g respectivamente, mientras que los palos presentaron valores de 838,1 y 23,4 mg/100 g de hierro y calcio respectivamente. En cuanto al contenido de ácido ascórbico las muestras de hojas procesadas presentan mayor concentración (18,9 mg/100 g). El contenido de cafeína fue menor en las muestras de palos procesados (0,256 g/100 g) que en las muestras de hojas procesadas (1,76 g/100 g). A mayo del año 2023, según el Ministerio de Salud pública y Bienestar Social, el 38% de la población paraguaya padece de hipertensión arterial. El consumo de alimentos que contienen cafeína se ha relacionado con un aumento de la presión sanguínea. Estos resultados indicarían que una yerba mate elaborada baja en cafeína debería de contener un mayor porcentaje de palos y ésta sería apta para el consumo de personas hipertensas.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Hojas. Palos. Composición química. Hipertensión arterial.

Extracto de yerba mate como fuente de compuestos bioactivos en productos de nutrición deportiva

Kozono, María Luz¹; Andreone, Antonella²; Schmalko, Miguel³; Schenk, Marcela⁴; Guerrero, Sandra^{4*}

¹Becaria. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Industrias, Ciudad Universitaria, Avenida Intendente Güiraldes 2160 (C1428EGA), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, kozono.mluz@gmail.com

²Becaria. CONICET - Universidad de Buenos Aires, Instituto de Tecnología de Alimentos y Procesos Químicos (ITAPROQ), Pabellón de Industrias, Ciudad Universitaria, Avenida Intendente Güiraldes 2160 (C1428EGA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, antonellaandreone.aa@gmail.com

³Profesor. Facultad de Ciencias Químicas, Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Felix de Azara 1552, (N3300), Posadas, Argentina, mesh@fceqyn.unam.edu.ar

⁴Investigadora. CONICET - Universidad de Buenos Aires, Instituto de Tecnología de Alimentos y Procesos Químicos (ITAPROQ), Pabellón de Industrias, Ciudad Universitaria, Avenida Intendente Güiraldes 2160 (C1428EGA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, marcelaschenk@gmail.com, *sniguerrero@gmail.com

Resumen: El aumento de deportistas amateurs en los últimos años ha impulsado el interés por el desarrollo de productos funcionales más naturales, preservados por tecnologías más sustentables. El objetivo del trabajo fue desarrollar productos de nutrición deportiva procesados por luz ultravioleta de onda corta (UV-C, 254 nm) en un reactor de flujo Dean a escala piloto (12-lámparas-UV-C-36W//50L//380L/h//50±1°C//fluencia-entregada_{actinométrica}=892mJ/cm²//Re=5365), con agregado de extracto de yerba mate obtenido por ultrasonido como fuente natural de cafeína y compuestos bioactivos. Además, caracterizar dichos productos en aspectos fisicoquímicos y sensoriales. Se sonicaron hojas de yerba mate (canchada-estacionada) en agua (20kHz//750W//amplitud(A)=95,2µm//20°C//7min//10g/200mL), y el extracto (EYM-US) se liofilizó. La extracción se basó en un estudio previo de la cinética de extracción de polifenoles (hasta 30 min), caracterizada por el modelo de Spiro y Jago, que describió una fase de lavado (máxima extracción: 7 min), seguida de una de difusión con extracción mínima. El EYM-US se caracterizó según: mojabilidad, higroscopicidad, solubilidad, humedad, color, contenido de cafeína, rutina, ácido clorogénico y teobromina, y morfología por microscopía electrónica de barrido (SEM). El mismo fue agregado a una bebida isotónica previamente formulada (BI//20%-jugo-naranja+7% sacarosa+0,4%p/v-EYM-US+0,02%NaCl+0,006%KH₂PO₄) y a un gel deportivo partiendo de BI (GD//BI+12%p/v-maltodextrina+8%p/v-sacarosa+2%-p/v-EYM+0,3%-goma-guar+0,3%-goma-tragacanto+0,3%-goma-garrofín). A los productos, se les determinó el contenido de polifenoles totales (PT), flavonoides (F), cafeína, capacidad antioxidante por DPPH y ABTS (TAA_{DPPH}//TAA_{ABTS}), turbidez y color. Adicionalmente se realizó una evaluación sensorial de BI mediante un test de campo (aceptabilidad-global/escala-de-9-puntos//atributos/emociones/5-puntos-escala JAR//110-panelistas), y sensación temporal dominante (TDS//3 sorbos, 1c/15 segundos). La caracterización del EYM-US fueron: solubilidad=90,0±1,3%; humedad=9,6±1,5%; higroscopicidad=17,3±0,2g/100g masa seca; mojabilidad=46±1 segundos; luminosidad-(L*)=64,4±0,26 y color verdoso característico (a*:-1,53±0,01); y por HPLC (mg/g polvo): teobromina:27,5±2,1//ácido clorogénico:84,5±6,3//cafeína:34,6±3//rutina:25,1±2,0. El contenido de cafeína en BI fue de 148,0±13,3mg/L. EYM-US mostró incrementos significativos en varios parámetros de calidad. La turbidez aumentó en 1,3 y 3,9 veces; la opacidad_{Kubelka-Munk} en 1,1 y 2,5 veces; PT en 1,7 y

5,3 veces; TAA_{DPPH} en 3,1 y 57,8 veces; TAA_{ABTS} en 3,4 y 8,3 veces; y F en 5,3 y 19,6 veces en BI y GD, respectivamente. La aceptabilidad global de BI tuvo un promedio de 7,2 puntos. Por su parte, dulzor, sabor a naranja, sabor herbal, amargor, aroma a naranja, aroma herbal, fueron todos valorados como cercanos al punto justo o JAR. El análisis del test de penalidad reveló que no hubo un atributo que repercutiera significativamente en la disminución del puntaje hedónico, y sí resultó favorable el bajo sabor amargo percibido. El test TDS mostró que la sensación dominante durante casi toda la determinación fue el dulzor, correlacionándose bien con el bajo sabor amargo percibido durante el test de campo. Este estudio permitió, en primer lugar, obtener un EYM rico en compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, mediante un enfoque de extracción más sostenible. En segundo lugar, se logró incorporar exitosamente este extracto como fuente natural de polifenoles y xantinas, en dos productos deportivos como son BI y GD, obteniéndose productos con mayor capacidad antioxidante y contenido de cafeína, muy requerido por los deportistas. Siendo la BI bien percibida por los consumidores, con buen sabor a naranja, bajo amargor y dulzor adecuado.

Palabras clave: Yerba mate. Ultrasonido. Nutrición deportiva. Aditivo funcional.

Caracterización del perfil térmico y humedad de yerba mate estacionada en bolsones tipo “big-bag”

Holowaty, Santiago¹; Neis, Emiliano²; Schmalko, Miguel^{3*}

¹Profesor/Investigador, Universidad Nacional de Misiones, IMAM -CONICET. Posadas, Argentina.

²Profesor/Becario, Universidad Nacional de Misiones, IMAM -CONICET. Posadas, Argentina.

³Profesor/Investigador, Universidad Nacional de Misiones, IMAM -CONICET. Posadas, Argentina,

*mesh@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue estudiar perfiles de humedad y temperatura en bolsones “big-bag” de yerba mate durante el estacionamiento en cámaras de maduración acelerada. La etapa de estacionamiento corresponde al último eslabón de la cadena productiva de la yerba mate previa al envasado comercial. La yerba mate se almacena en depósitos entre 100 mil y 1 millón de kilogramos. Durante más de 50 años, el único modo de estacionamiento se realizaba en forma natural, 12-18 meses, sin control de variables, estibando bolsas de yerba mate de 45–60 kg. Este método ha sido sustituido parcialmente por un método acelerado (cámaras), a elevada temperatura (45-60°C) y humedad relativa controlada (50-60%). Con esto, la yerba mate está lista para consumir en menos de 60 días. Una modificación adicional fue la sustitución con bolsas de gran capacidad, llamadas “big-bag”, que pueden contener hasta 500 kilogramos de yerba mate. Como consecuencia, la disposición en las cámaras y los patrones de flujo de aire-vapor se modificaron. Estos cambios influirían en los indicadores de la maduración (perfiles de temperatura, aire y humedad). Se estudiaron 2 cámaras de estacionamiento acelerado que funcionaron en paralelo con unos 200000 kg de yerba mate durante 49 días. Una cámara utilizaba ventiladores en su interior que inducían el flujo de aire-vapor; la otra funcionaba con convección natural. Se eligieron 6 bolsas de cada depósito. Se tomaron muestras y mediciones cada siete días. Se utilizaron termocuplas para medir temperatura en el centro de cada bolsa. Los dos depósitos se estacionaron a la misma temperatura de referencia (55 °C). Se encontró que las temperaturas entre las bolsas de la misma cámara no presentaron diferencias significativas. En la cámara con flujo forzado, se encontró que las temperaturas de las bolsas y el aire no tenían diferencias significativas. Por otra parte, la temperatura media de las bolsas en las cámaras sin forzadores resultó 5°C menor al “set-point”. El contenido de humedad mostró diferencias significativas entre los depósitos, siendo menor el contenido promedio en las cámaras con circulación forzada. Se comparó la desviación estándar y la varianza entre cámaras. Se determinó que la variabilidad de temperatura y humedad en el centro de la bolsa disminuye significativamente en las cámaras con ventiladores. Por otra parte, la temperatura cercana a los 55°C en cámaras con ventilación, combinada con la humedad del sólido menor al 3% bh, podría llevar a reacciones de autooxidación de lípidos, potenciales en el límite con la monocapa, esto tendría un impacto negativo en la calidad por la aparición de sabores rancios.

Palabras clave: Yerba Mate. Estacionamiento. Bolsones. Calidad.

Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos industriales de la yerba mate

Maiocchi, Marcos Gabriel¹; Mendez, Claudia Marcela²; Surkan, Sergio Alejandro^{2,3*}

¹Profesor/Investigador. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.

²Profesor/Investigador. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones.

³Investigador. Instituto Nacional de la Yerba Mate, Ruta Nacional 12 km 7 1/2, Posadas, Misiones, Argentina, *sasurkan@gmail.com

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue obtener y caracterizar carbón activado (AC) mediante activación química a partir de residuos de la industrialización de la yerba mate (YM). Los AC son sólidos porosos de gran superficie de contacto capaces de adsorber sustancias de corrientes gaseosas o líquidas. El uso de residuos agroindustriales como precursores de AC representa una fuente de bajo costo y disponible. Obtener AC involucra la activación y la pirólisis de la materia prima en una atmósfera inerte a temperaturas entre 400 y 800°C generando una estructura amorfa enriquecida en carbono, con micro y nanoporos. El proceso de activación puede realizarse químicamente utilizando ácidos o álcalis. La industrialización de la YM en las Provincias de Misiones y Corrientes, República Argentina, genera 277.000 toneladas anuales de YM elaborada, y según estimaciones de los industriales existe un flujo de polvo y palos residuales, como resultado de las operaciones de procesamiento, cercano al 3%, que representan 8.000 ton de residuos con potencialidad para su utilización como materia prima en la producción de AC. En el presente trabajo se obtuvieron AC a partir de palos de YM de tamaños comprendidos entre 0,45 y 1,6 mm, mediante activación química con tres precursores: KOH, Cl₂Zn y H₃PO₄ en relaciones 1:1 masa de activante/masa AC. Se realizó la pirólisis a 450, 550, 650 y 750 °C en atmósfera inerte de corriente de Nitrógeno de 1 mL/min 30, 60 y 120 minutos. Se caracterizaron las muestras obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), difracción de rayos X (XRD), adsorción de nitrógeno a 77K, índice de yodo y Espectroscopia Infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). El análisis de los datos del SEM muestra que el agente activante influye sobre el tamaño de los poros, y en las pruebas de múltiples rangos se evidencia diferencia estadísticamente significativa entre los activamente KOH y ZnCl₂. El XRD muestra en los tratamientos con KOH y Cl₂Zn la formación de estructuras cristalinas que incorporan al potasio como calcita y al cinc como cincita, en cambio para el tratamiento con H₃PO₄ se observa una estructura amorfa más acorde con los AC. Las determinaciones de adsorción de nitrógeno a 77 K muestran una distribución de tamaño de poros en el rango de los microporos entre 0,8 y 1,3 nm y la superficie específica aparente estimada por el método BET de 1000 m²/g para el KOH, de 1200 m²/g para el H₃PO₄ y de 940 m²/g para el Cl₂Zn. Se obtuvieron valores de índice de yodo de 1150 mg/g con el H₃PO₄, 950 mg/g con el KOH y 890 mg/g con el Cl₂Zn. Estos valores son próximos al de los AC comerciales. Las determinaciones de FT-IR muestran estructuras amorfas acordes a los AC comerciales. Se concluye que los residuos de palos de la industrialización de YM son una fuente accesible para la obtención de AC con valor comercial. Se pretende continuar el estudio de la optimización de las condiciones de activación e investigar la activación física con una corriente de vapor de agua y CO₂.

Palabras clave: Yerba mate. Carbón activado. Activación química.

Aceptabilidad sensorial de panes elaborados con un subproducto de la yerba mate

Covinich, Mónica Mariela^{1*}; Neis, Emiliano Roberto²; Scipioni, Griselda Patricia³

¹Becario CONICET-INYM. IMAM, UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, *mmcovinich@gmail.com

²Becario CONICET. IMAM, UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

³Profesor/Investigador. IMAM, UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

Resumen: La industrialización de la yerba mate genera subproductos en forma de polvos que resultan de interés debido a que poseen una composición química similar al producto que se expende como yerba mate elaborada, con un alto contenido de compuestos fenólicos y a un menor costo. La utilización de los polvos o sus extractos acuosos como ingredientes no tradicionales en la elaboración de panes artesanales mejora sus propiedades nutricionales. Sin embargo, las características sensoriales del nuevo producto deben ser evaluadas y resultar aceptables para los consumidores. El objetivo de este trabajo fue emplear extractos acuosos del polvo de yerba mate en la formulación de panes artesanales y realizar un análisis sensorial de aceptación en función del sabor y color. Los panes se formularon con reemplazo del agua por extractos acuosos de concentraciones comprendidas entre 0,5 y 10%. Se realizaron pruebas sensoriales de aceptabilidad general con 75 consumidores, de acuerdo a los atributos de color y sabor. Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos, con un orden de presentación al azar. Fue incluida una muestra de pan blanco como control. Se les solicitó a los que ordenaran las muestras de manera descendente según su preferencia de los atributos color y sabor. Los datos se evaluaron mediante el test de Friedman utilizado para ensayos de ordenamientos, seguido del test LSD (*least significant difference*) de Fischer modificado para ordenamientos. El análisis de los datos indicó que los panes formulados con las concentraciones más bajas de extracto (0,5 a 2,5%) presentaron los mayores puntajes para ambos atributos. El pan blanco obtuvo valoraciones similares a los panes formulados con las concentraciones menores de extracto de yerba mate. La intensidad creciente del color conferido al pan por los pigmentos de la yerba mate, junto al amargor, provocó el rechazo de los consumidores. En general, los participantes del análisis sensorial prefirieron el pan blanco por su inconfundible sabor y color.

Palabras clave: Pan. Subproducto de la yerba mate. Análisis sensorial.

Influencia de la granulometría en la cinética de extracción acuosa de palos de yerba mate

Neis, Emiliano Roberto¹; Stutz, Yukimi²; Scipioni, Griselda Patricia³; Schmalko, Miguel Eduardo⁴

¹Becario. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones. Laboratorio de Yerba Mate. Félix de Azara 1552, Posadas, emilianoneis@fceqyn.unam.edu.ar

²Becaria. Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Félix de Azara 1552, Posadas, yukimi.stutz@gmail.com

³Profesora/Investigadora. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones. Laboratorio de Yerba Mate. Félix de Azara 1552, Posadas, gpscipioni@fceqyn.unam.edu.ar

⁴Profesor/Investigador. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones. Laboratorio de Yerba Mate. Félix de Azara 1552, Posadas, mesh@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen: Los palos de yerba mate son un subproducto que se genera tanto en establecimientos de procesamiento primario como secundario durante la industrialización de este cultivo. Este subproducto constituye una fuente potencial para la extracción de compuestos antioxidantes de interés comercial. La granulometría de molienda del sólido a extraer es un parámetro de importancia para la extracción sólido-líquido, dado que influye en la cinética de extracción. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia del tamaño de partícula en la cinética de extracción acuosa de los sólidos solubles de palos de yerba mate. Los palos de yerba mate fueron obtenidos de un establecimiento industrial luego de la operación de molienda gruesa. La muestra fue molida y separada en fracciones de distinto tamaño de partícula empleando tamices de mallas ASTM 12, 14, 18, 25, 40 y 120. Se ensayaron cinco granulometrías, descartando la fracción retenida en el tamiz de malla 12 y la fracción que atravesó el tamiz de malla 120. La cinética de extracción acuosa de cada granulometría se estudió a una relación sólido-líquido del 10% (p/p) y a una temperatura de 60°C. El tiempo de extracción se estudió entre 30 segundos y 100 minutos. Luego de transcurrido el tiempo determinado, el extracto se separó y se determinó su contenido de sólidos solubles por pérdida de masa en estufa a 103°C. Los resultados fueron ajustados al modelo propuesto por So y MacDonald, que considera las fases de lavado y difusión de la cinética de extracción. El análisis de regresión indicó que en todos los casos el modelo cinético empleado se ajustó adecuadamente a los datos experimentales ($R^2 > 0,99$). Los parámetros de ajuste obtenidos a distintas granulometrías mostraron diferencias significativas para un nivel de confianza del 95%. Todos los parámetros cinéticos obtenidos mostraron disminuciones significativas con el aumento del tamaño de partícula. La concentración de equilibrio varió entre 1,02 y 1,59% (p/p), mientras que la fracción extraída en la fase de lavado varió entre 40 y 77%. Las constantes de velocidad para las fases de lavado y de difusión indicaron que la extracción de los sólidos solubles ocurre a menor velocidad al aumentar el tamaño de partícula. Los resultados encontrados indican que el grado de molienda influye significativamente en la cinética de extracción de los sólidos solubles de los palos de yerba mate. Este parámetro debe ser considerado para la optimización de la operación de extracción.

Palabras clave: Yerba Mate. Extracción. Cinética. Subproducto.

Preparación de koji de *Aspergillus niger* no viable con actividad CHasa utilizando residuos de yerba mate: Selección del tratamiento térmico

Butiuk, Ana Paula¹; Brumovski, Tamara Nicole²; Godoy, Iván Ezequiel³; Martos, María Alicia⁴

¹Investigador Asistente CONICET. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina,

anabutiuk@fceqyn.unam.edu.ar

²Becario Doctoral CONICET. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina,

tamarabrumovsky@gmail.com

³Becario Grado UNaM. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, ivaneg213@gmail.com

⁴Profesor Titular/Investigador Categoría II. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina,

amartos2009@gmail.com

Resumen: El proceso de fermentación sobre sustrato sólido (FSS) ha sido ampliamente utilizado para la obtención de enzimas microbianas, por su bajo costo y simplicidad, permitiendo además el aprovechamiento de subproductos de la agro-industria. La clorogenato hidrolasa (CHasa, EC 3.1.1.42) es una enzima microbiana, inducible, de interés industrial que cataliza la hidrólisis del ácido clorogénico (ACG), liberando cantidades equimolares de ácidos quínico (AQ) y cafeico (AC), químicos finos de interés industrial. El procesamiento comercial de la yerba mate genera residuos que normalmente se consideran productos de desecho de escaso valor inherente. Sin embargo, la yerba mate contiene altos niveles de ACG, y los residuos de su procesamiento podrían utilizarse como sustrato e inductor para la producción de la enzima CHasa por hongos filamentosos. El objetivo del presente trabajo fue cultivar cepas de *Aspergillus niger* AKU 3302 sobre residuos de yerba mate mediante FSS para obtener un koji con actividad CHasa y encontrar las condiciones óptimas para su inactivación térmica (pérdida de viabilidad) preservando la actividad catalítica. *A. niger* fue cultivado en frascos Erlenmeyers conteniendo medio Czapek líquido a 30°C, durante 48 h, con agitación. El contenido total de cada Erlenmeyer, compuesto por pellets y medio de cultivo semi-agotado, fue utilizado para inocular bandejas conteniendo residuos de yerba mate estéril. Las bandejas fueron incubadas a 30°C durante 5 días. El koji obtenido fue tratado térmicamente a diferentes temperaturas (50, 55, 60 y 65°C) durante 30 min. Las temperaturas y tiempo de tratamiento fueron seleccionados de acuerdo a resultados obtenidos en estudios previos (Butiuk et al., 2023). La viabilidad del koji tratado térmicamente fue ensayada evaluando su capacidad de crecimiento en medio agar Czapek durante 7 días. Mientras que su actividad CHasa residual fue determinada espectrofotométricamente a 350 nm y comparada con un control (sin tratamiento térmico). Posteriormente, se determinó el efecto del tipo de residuo de yerba mate sobre la producción de la enzima: palos de yerba mate recién cosechada (PV); residuos por derrame en tolva y molino (RTM), polvo de descarte (PD) y garrote molido (G). La pérdida de viabilidad del material fúngico fue observada luego de un tratamiento térmico a 60°C durante 30 min. Bajo estas condiciones el koji retuvo más del 80% de su actividad enzimática inicial. La mayor actividad enzimática se detectó en los cultivos crecidos sobre RTM (27, 83 UE/100g_{ms}), mientras que la menor actividad enzimática se obtuvo al crecer el hongo sobre G (11,05 UE/100g_{ms}). Cuando se utilizó PD se produjo una actividad CHasa de 22, 65 UE/100g_{ms}. Teniendo en cuenta que el mayor volumen de residuos producido por las industrias yerbateras corresponde a las muestras de G y PD, se seleccionó al PD como soporte e inductor de la

actividad CHasa. Se preparo un koji no viable con elevada actividad CHasa utilizando residuos de la industria yerbatera como soporte e inductor que será utilizado como biocatalizador para la futura producción de AQ y AC a partir de fuentes vegetales ricas en ACG.

Palabras clave: Fermentación. Residuos de yerba mate. Koji de *Aspergillus niger*. Clorogenato hidrolasa. Tratamiento térmico.

Influencia del sapecado en el aporte de vitaminas hidrosolubles y minerales en productos de yerba mate

Villalba, Rocio¹; Caballero, Silvia¹; López, Jennifer¹; Coronel, Eva¹; Piris, Patricia¹; Mereles, Laura^{1*}

¹Investigador. Dpto. de Bioquímica de Alimentos, Dirección de Investigaciones, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo,

*lauramereles@qui.una.py

Resumen: Durante el proceso de obtención más tradicional de la yerba mate las hojas y palillos son sometidos al proceso de sapecado para reducir el contenido de humedad, con los consiguientes cambios en las características fisicoquímicas del producto. En este trabajo se ha evaluado el contenido de vitaminas hidrosolubles del complejo B; como B1, B2, B3 y Vit. C (tiamina, riboflavina, niacina y Ác. Ascórbico, respectivamente) en muestras de hojas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) orgánica proveniente de Itapúa, en diferentes estados de procesamiento (antes y después del sapecado) y se compararon con muestras de palillos sin sapecar, otro importante producto de la yerba mate, como fuentes potenciales de estas vitaminas en el tereré o mate, así como el contenido de cafeína, cenizas y manganeso en las muestras. Las mismas se definieron como M1: palillos sin sapecar, M2: hojas no sapecadas y M3: hojas procesadas y sapecadas. Metodologías: Vit. B1; método 953.17, fluorimétrico o del tiocromo, cenizas; método 923.03, manganeso; espectroscopia de absorción atómica 975.03, todos de la AOAC (2000), Vit. B3; HPLC método USP, Vit. C; espectrofluorimetría 984.26, Vit B2; espectrofluorimetría método 970.65 ambos de la AOAC (2000), cafeína HPLC método IRAM 20512/2000. Las muestras de palillos presentaron menores concentraciones de vitamina B1 y B3 (0,10 y 4,16 mg/100g, respectivamente) en comparación con las muestras de hojas no sapecadas (0,20 y 4,16 mg/100g, respectivamente), y a su vez, estas muestras tenían menores concentraciones de estas vitaminas que las muestras procesadas y sapecadas (0,36 y 12,12 mg/100g, respectivamente). En cuanto a la vitamina C, se observó una mayor concentración en las hojas procesadas y sapecadas (7,3 mg/100g). La vit. B2 y la cafeína presentaron mayor concentración en las hojas no sapecadas (5,82 mg/100g y 1,8g/100g, respectivamente). Los resultados demostraron que el proceso de sapecado en las hojas influye en la composición de vitaminas hidrosolubles como tiamina, niacina y vitamina C, las cuales se van concentrando como resultado de la pérdida de humedad durante el procesamiento. La vit. B2 y la cafeína se pierden en el sapecado de las hojas. Así también los minerales totales y el manganeso presentaron concentraciones mayores en las hojas procesadas y sapecadas en comparación a las no sapecadas y los palillos, los cuales presentaron las menores concentraciones de todos los parámetros analizados.

Palabras clave: Vitaminas. Hojas. Palillos. Yerba mate. Sapecado.

Ensayos preliminares de determinación de yodo en matrices formuladas para ser agregadas a la yerba mate elaborada

Covinich, Mónica Mariela^{1*}; Scipioni, Griselda Patricia²; Schmalko, Miguel Eduardo²

¹Becario CONICET-INYM. IMAM, UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina, *mmcovinich@gmail.com

²Profesor/Investigador, IMAM, UNaM, FCEQyN, Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

Resumen: La incorporación de yodo en diversos alimentos surge como una alternativa de ingesta de yodo en personas con dietas restringidas en el consumo de sal. Existen varios métodos para cuantificar yodo en matrices alimentarias. El método espectrofotométrico estándar es el basado en la reacción de Sandell y Kolthoff. Es relativamente rápido y fácil de realizar. Sin embargo, los reactivos que requiere son cancerígenos y se desaconseja su empleo. Una alternativa es la espectroscopía de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Es una técnica más costosa por los requerimientos de equipamiento y gases. En estudios comparativos, los resultados de ambas técnicas fueron compatibles para las concentraciones del orden de microgramos. Otras formas accesibles y seguras de determinar yodo son los métodos espectrofotométricos, basados en la reacción de óxido-reducción yodométrica. En este trabajo, se propone utilizar a la yerba mate como vehículo para el enriquecimiento con sales de yodo, por tratarse de un alimento ingerido por los habitantes de la región en cantidades similares durante todo el año. Se elaboraron matrices con maltodextrina y alginato de sodio como agentes encapsulantes y yodato de potasio como fuente de yodo en cantidades acordes para fortificar alimentos, de acuerdo con la reglamentación argentina. Las matrices elaboradas fueron sometidas a procesos de secado en estufa y microondas, seguidos de calcinación a 550°C. Posteriormente se cuantificó el contenido de yodo por espectrofotometría UV-visible, monitoreando la absorbancia a 288 nm, correspondiente a uno de los picos de máxima absorción de la especie triioduro, que resulta proporcional a la cantidad de yodato de potasio presente en la muestra. Se determinaron los límites de detección y cuantificación (LOD y LOC), señal mínima (Sm) y la sensibilidad de calibración (Sm) del método. El LOD fue de 13,13 mg/L y el LOC fue de 43,78 mg/L. La Sm fue de 0,045 y la m de 0,00073429 (mg/L)⁻¹. La recuperación del yodo agregado fue menor al 40 % en las matrices elaboradas con los dos agentes encapsulantes ensayados (MD y alginato). De acuerdo con los resultados obtenidos, la recuperación del yodo de las matrices elaboradas no ha sido satisfactoria. Por esto se continúa con el ajuste de las condiciones de tratamiento de las matrices que permitan una mejor retención del yodo encapsulado en la matriz.

Palabras clave: Yerba mate. Enriquecimiento. Yodo.

La incorporación de un dispositivo teledirigido controlado por inteligencia artificial al proceso de la cosecha de yerba mate: Una oportunidad para el desarrollo sostenible

Viera, Rubén Leandro¹; Hoyos, Hernán Carlos²

¹Licenciado en Higiene, Seguridad y Medio Ambiente del Trabajo. Universidad Empresarial Siglo21, Calle De los Latinos 8555, (CP 5000). Ciudad de Córdoba. Argentina, leandroviera89@gmail.com

²Doctor en Farmacia y Bioquímica, Docente e Investigador. Universidad Empresarial Siglo21, Calle De los Latinos 8555, (CP 5000). Ciudad de Córdoba. Argentina, hernan.hoyos@ues21.edu.ar

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es una parte fundamental de la cultura del sur latinoamericano y de la economía del NEA de Argentina, tanto para el consumo interno como para el comercio exterior. Tomando como antecedente el Trabajo Final de Grado titulado “Riesgos ergonómicos y biomecánicos de la cosecha manual de yerba mate” (Viera, 2023), donde se refiere que la cosecha manual de hojas y ramas ha quedado rezagada en cuanto a la incorporación de tecnología, lo que representa un riesgo significativo para la salud de los cosecheros, donde se puede alertar sobre la exposición a los riesgos ergonómicos y biomecánicos asociados, a la que se encuentran los operarios de esta actividad. Esta propuesta aborda la posibilidad de incorporar a la inteligencia artificial (IA), como mecanismo automatizado de alta eficiencia de procesos que dependen del accionar humano, al proceso de cosecha de las hojas de yerba mate y la, consecuente, manipulación de cargas, a sabiendas de los problemas de salud ocupacional, con las consecuencias que implican. La forma de implementación de la IA sería a través de un vehículo teledirigido que se desplazaría entre los yerbatales, con el foco en optimizar el proceso de la recolección y, en simultáneo, contempla la función de pesaje automático de los raídos. Para abordar estos desafíos y alinear la producción de yerba mate con los objetivos de desarrollo sostenible, se propone la incorporación de la Inteligencia Artificial como un mecanismo de prevención de lesiones en los operarios durante la cosecha. Este enfoque se vincula directamente con el ODS 8 de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, que busca promover el trabajo decente y el crecimiento económico. Al automatizar la cosecha, el vehículo teledirigido eliminaría la tarea forzosa de acarrear los raídos manualmente, mejorando las condiciones laborales de los cosecheros y permitiéndoles enfocarse en otras actividades más productivas. Además, el sistema propuesto se alinea con el ODS 12, que busca fomentar la producción y el consumo responsable, así como el objetivo de consumo y producción sostenibles. La implementación de este dispositivo móvil inteligente permitiría hacer un uso más eficiente de los recursos al optimizar la recolección de la yerba mate. También la IA permitiría un mecanismo de control “minuto a minuto” del proceso, lo que contribuiría a una acción operativa más precisa y controlada, reduciendo desperdicios y fomentando prácticas sostenibles. En resumen, la incorporación de la Inteligencia Artificial en la cosecha de yerba mate, mediante la incorporación de un vehículo teledirigido, representa una posible solución innovadora y sostenible para mejorar las condiciones de trabajo de los cosecheros, impulsando el desarrollo económico y promoviendo la producción y el consumo responsables. Al integrar tecnología avanzada con la tradición cultural, esta propuesta demuestra cómo la ciencia y la innovación pueden contribuir significativamente a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030.

Palabras clave: Inteligencia Artificial. Vehículo teledirigido. Producción responsable. Trabajo eficiente. Objetivos para el Desarrollo Sostenible.

La yerba mate, protagonista de una gestión de residuos sostenible

Echeverría, Silvina Margarita¹; Zuliani, Paola¹; Gómez, Hugo Maximiliano²; Andino, Jorge²; Aquino, Dolores Claudia³; Pairetti Tello, María Sol³; Mierke, Vanesa⁴; Grimaldi, Guillermo⁴; Maiocchi, Marcos Gabriel¹

¹Docentes/Investigadores. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FaCENA).

²Personal No docente. FaCENA.

³Estudiantes. FaCENA.

⁴Funcionarios. Municipalidad de la Ciudad de Corrientes.

Resumen: La gestión integral de residuos sólidos descentralizada (GIRS-D) y la educación ambiental son esenciales para incorporar conductas que minimicen el impacto ambiental de nuestras acciones. Por su parte economía circular se enfoca en valorar diferenciadamente los residuos y regenerar materias primas de manera sostenible. Entendiendo el daño que provoca la basura tratada inadecuadamente en nuestro ambiente, se dio inicio a la gestión de residuos en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FaCENA) en el marco de proyectos de Extensión Universitaria, dirigidos a escuelas y fundaciones. El trabajo voluntario (estudiantes, docentes y no docentes), junto a la Municipalidad de la Ciudad de Corrientes, se orientó a la recuperación de diferentes residuos, a través de capacitaciones y talleres participativos. Se planteó reutilizar el desecho de la yerba mate (*Ilex paraguariensis*), para ser transformado junto con los restos de poda, para producir abono. En base al modelo de gestión de residuos instaurado desde el año 2018 en la FaCENA, se estableció el inicio del plan de acción en marzo '22, con estrategias que abarcaron el diagnóstico previo y la sensibilización de la población institucional (con microcharlas / seminarios). Estas instancias se aprovecharon para capacitar en el manejo racional de residuos con especial énfasis en la yerba mate, reúso, reciclado y cuidado de recursos naturales. Se instalaron “biotachos de yerba” en seis puntos verdes estratégicos, tras el relevamiento llevado a cabo por encuestas. Se implementó la separación en origen de yerba de desecho, su recolección diferenciada tres días a la semana y se ensayó la elaboración del abono en una “compostera especializada” de 1 m³, donde se combinaron los desechos de yerba y los restos de césped-poda, en partes iguales (v/v). Se monitorearon periódicamente las condiciones físicoquímicas, temperatura, humedad, y cantidades agregadas. Estudiantes y docentes analizaron muestras de cada cosecha, según las diferentes disciplinas, biología, química y bioquímica, en junio, agosto, octubre '22 y marzo '23, complementando así, la currícula de las carreras participantes del proyecto. El producto obtenido resultó del cumplimiento de las etapas necesarias para una enmienda orgánica, una primera etapa mesófila; la etapa termófila; y una segunda etapa mesófila (o de maduración), luego del llenado completo de la compostera y estabilización de las condiciones, alcanzando los valores recomendados por los indicadores de estabilidad, sanidad y sin sustancias fitotóxicas. El abono obtenido se utilizó para fertilizar los jardines de la FaCENA y también en las huertas de las instituciones beneficiarias, su producción se sostiene en la actualidad. El desarrollo de este sistema modelo de GRSD puede establecerse de forma permanente, y sus productos, ser desinados para consumo o para comercialización de las instituciones.

Palabras clave: Ambiente. Abono de Yerba. Huerta sustentable.

Protección por yerba mate frente al daño generado por un radiomimético (Bleomicina) en poblaciones estacionarias salvajes y mutantes en puntos nodales para el procesamiento del daño y reparación del ADN

Blanc, Lourdes¹; Palacios, Luiza¹; Silva, Agustina²; Guillermo, Nahuel²; Bracesco, Nelson^{1*}

¹Laboratorio de Radiobiología. Unidad Académica de Biofísica. Facultad de Medicina, UdelaR, Gral Flores 2125 piso 2, *nbracesco@gmail.com

²Estudiantes de Licenciatura en Física Medica, Facultad de Medicina, UdelaR, Gral Flores 2125 piso 2.

Resumen: A nivel celular existen sensores del daño genómico, transductores y efectores de reparación de ADN y de control del ciclo celular que modulan eventos potencialmente letales, mutagénicos, carcinogénicos y de envejecimiento celular. Compuestos fenólicos derivados de la yerba mate actúan sobre elementos de la red reguladora de la estabilidad genómica tales como Mec1/ATR y MRX disminuyendo el daño producido por ROS durante el envejecimiento celular. El objetivo del presente trabajo fue demostrar que componentes fenólicos presentes en yerba mate actúan sobre la red reguladora de la estabilidad genómica tales como Mec1/ATR y MRX disminuyendo el daño producido por ROS. Se utilizó *Saccharomyces cerevisiae* SC7klys2-3 y mutantes del punto nodal MEC 1⁻ en fase estacionaria de diferentes edades (6-12 y 25 días). Como protectores del daño inducido por Bleomicina (BLM 7.5µg/ml) se utilizó *Ilex paraguariensis* (Ip) y rutina (R) a la concentración 40µg/ml. Las poblaciones fueron cultivadas en medio nutriente. Muestras aleatorias de las poblaciones a distintas edades se expusieron a bleomicina 7,5 µg/ml durante 1,5 h en presencia o ausencia R o de Ip. Se estimaron probabilidades de sobrevivencia (S), de mutagénesis (M) y la producción de DSB. Se verificó protección por R frente al efecto de BLM solamente en caso de poblaciones en fase estacionaria temprana medida por S y M. En esta fase (t=6 d) se constató un término de interacción antagónica de acuerdo al modelo de Ager y Haynes. En el segundo caso (t =25d) R carece de efecto. En cambio, la infusión de Ip produjo una protección muy significativa frente a los efectos letales y mutagénicos inducidos por la bleomicina con aumento de S y disminución de M independientemente de la edad de los cultivos. Cuando fueron tratadas poblaciones de *Sacharomyces cerevisiae* SRJ51 de tipo salvaje y su mutante sml/mec1⁻ se observó protección el caso de la cepa salvaje en estacionaria de 12 días y 25 días, mientras que la doble mutante sml/mec no mostró protección significativa. La activación de Mec1 por R y por Ip determinaría una inducción de recombinación homóloga (sin error) en compartimientos proliferativos. La presencia en Ip de cafeína, (inhibidor de Mec1), de otros componentes fenólicos y de cofactores de reparación activarían el complejo MRX/hMRN y proteínas Ku teloméricas y de unión no homóloga. En fase estacionaria temprana existe un compartimiento proliferativo del orden de 30% que explica en parte los efectos mutagénicos inducidos por BLM y antimutagénicos en presencia de los polifenoles modulados por la vía RAD6-SUMO. Además, se producen interrupciones diferenciales de cascadas redox a nivel intracelular y extracelular con activación de NER por NADH y PARP. Los elementos SIR de desacetilación de la cromatina dependen del NAD⁺ y se activan por polifenoles. Estos elementos son esenciales en cambios topológicos de la cromatina a nivel telomérico y en caso de daño en el ADN, determinan mayor accesibilidad de enzimas de reparación. A nivel humano SIRT1 actúa como supresor tumoral y modulador del envejecimiento celular. La protección antioxidante en este modelo experimental es mínima frente a la protección generada por la infusión de yerba mate a través de la modulación de vías donde intervienen los productos de los genes SML y MEC.

Palabras clave: Productos naturales. Protección. Daño y reparación del ADN. Antioxidante.

Evaluación de la capacidad antagónica de una cepa promotora del crecimiento vegetal aislada de *I. paraguariensis* St. Hil

Cortese, Iliana Julieta^{1,2*}; Onetto, Andrea Liliana^{1,2}; Gauna, Sabrina¹; Sampietro, Diego Alejandro³; Castrillo, María Lorena^{1,2}; Laczeski, Margarita Ester^{1,2,4}

¹Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Biotecnología Misiones "Dra. María Ebe Reca" (INBIOMIS). Laboratorio de Biotecnología Molecular. Misiones, Argentina, *cortesejulieta@gmail.com

²CONICET. Buenos Aires, Argentina.

³Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán, Batalla de Ayacucho 449, CP4000, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

⁴Cátedra de Bacteriología. Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN). Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Avda. Mariano Moreno 1375, Posadas (3300), Misiones, Argentina.

Resumen: El cultivo de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) es una actividad agroeconómica de impacto regional en Sudamérica. En los últimos años, una de las principales problemáticas en su producción se ha centrado en la presencia de fitopatógenos como los del género *Fusarium* sp. Éstos se caracterizan por el cambio de color y/o marchitez en la parte aérea de los plantines y la caída de hojas, que puede llevar a su muerte. Así también, en el sistema radicular pueden generar lesiones necróticas que provocan su pardeamiento y pudrición. En estudios previos el grupo de trabajo aisló una cepa de *Bacillus altitudinis*, codificada como T5S-T4, a partir de plantines de *I. paraguariensis* St. Hil. en la provincia de Misiones. La misma fue seleccionada por sus propiedades para estimular el crecimiento vegetal *in vitro*, en vivero y en plantaciones adultas de yerba mate. A los fines de profundizar los conocimientos sobre sus mecanismos de acción y su potencial uso como bioinsumo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad antagónica de la cepa *B. altitudinis* T5S-T4 frente a una cepa de *Fusarium* sp. patógena de yerba mate. Para ello se realizaron ensayos de antagonismo utilizando 3 técnicas de siembra diferentes (A, B y C). En todos los casos se utilizaron placas de Petri con agar nutritivo 3,1% (Britania, Argentina) y agar papa dextrosa 3,9% (Britania, Argentina), en partes iguales. Se prepararon suspensiones de *B. altitudinis* T5S-T4 a una concentración de $1,5 \times 10^8$ UFC mL⁻¹ y de *Fusarium* sp. a una concentración de $1-2 \times 10^7$ esporas mL⁻¹. Para el ensayo A, se realizaron 3 estrías paralelas y equidistantes utilizando el inóculo bacteriano en ambos extremos y el inóculo fúngico en el centro. Para el ensayo B, se colocó un taco fúngico de 8 mm de diámetro en el centro de la placa y se realizó la siembra del inóculo bacteriano en un círculo alrededor del mismo. Finalmente, para el ensayo C, se realizó una siembra del inóculo bacteriano en toda la placa utilizando un hisopo estéril y se colocó un taco fúngico en el centro. Todas las placas se incubaron a 28 ± 1 °C durante 10 días y se examinaron cada 24 h Como control, los aislamientos fúngicos se cultivaron en ausencia de la cepa bacteriana antagonista. Diariamente se obtuvieron registros fotográficos de cada enfrentamiento y se determinaron las áreas de crecimiento de cada hongo utilizando el programa ImageJ. A partir de las mediciones obtenidas se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para cada ensayo utilizando el programa STATGRAPHICS Centurion XV.II. El mismo programa, se utilizó para aplicar el método de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher (Fisher, 1935) con un nivel de 95,0% de confianza y una prueba de múltiples rangos para determinar la existencia de diferencias significativas dentro de cada ensayo. El ensayo C presentó diferencias estadísticamente significativas con el control negativo utilizado. Esta técnica permitió corroborar la capacidad

antagónica de la cepa de *B. altitudinis* T5S-T4 frente a una cepa de *Fusarium* sp. Dicha metodología será utilizada para futuros ensayos de antagonismo.

Palabras clave: Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal. Antagonismo. Control biológico. Patógenos.

Evaluación del efecto de la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento de la especie *B. altitudinis* sobre el contenido de nutrientes del suelo en un yerbal con manejo orgánico

Onetto, Andrea Liliana^{1,2*}; Cortese, Iliana Julieta^{1,2}; Gortari, Fermín^{1,2}; Bich, Gustavo Ángel^{1,2}, Schegg, Esteban³; Castrillo, María Lorena^{1,2}; Laczeski, Margarita Ester^{1,2,4}

¹Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Instituto de Biotecnología Misiones "Dra. María Ebe Reca" (INBIOMIS). Laboratorio de Biotecnología Molecular. Misiones, Argentina, *onettoandrea@gmail.com

²CONICET. Buenos Aires, Argentina.

³Fundación Alberto Roth, Santo Pipó, Misiones, Argentina.

⁴Cátedra de Bacteriología. Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN). Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Avda. Mariano Moreno 1375, Posadas (3300), Misiones, Argentina.

Resumen: El empleo de microorganismos como promotores del crecimiento de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) constituye un recurso adecuado para aumentar su rendimiento a campo que es amigable con el ambiente y de fácil aplicación. A partir de plantas de yerba mate de la provincia de Misiones, Argentina, se aislaron dos cepas de bacterias promotoras del crecimiento de la especie *Bacillus altitudinis*, que en estudios previos demostraron ser eficaces para potenciar el crecimiento de esta especie vegetal. Para estudiar su efecto sobre las características fisicoquímicas del suelo se aplicaron a una plantación de yerba mate con manejo orgánico. El ensayo se realizó en un lote en producción hace más de 50 años ubicado en la Fundación Alberto Roth (Santo Pipó, Misiones, Argentina). Se realizaron tres inoculaciones entre octubre y noviembre de 2018 empleando los siguientes tratamientos: *B. altitudinis* 19RS3, *B. altitudinis* T5S-T4, *Azospirillum brasilense* sp. 245 (control positivo biológico) y plantas sin inocular (control negativo). Cada tratamiento consistió en 2 bloques de 30 plantas cada uno. Se tomaron muestras de suelo y se determinaron humedad (a 60 y 105 °C), pH, fósforo extraíble (método de Bray y Kurtz N°1, 1945), carbono oxidable (metodología de Walkley y Black, 1934) y nitrógeno total (metodología de Kjeldahl). Los resultados se evaluaron empleando Análisis de la Varianza (ANOVA). No se observaron diferencias significativas entre tratamientos para el porcentaje de humedad y pH para un nivel de confianza del 0,05. Para el fósforo extraíble se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0006$), siendo mayores al control negativo ($13,37 \pm 3,42 \text{ mg kg}^{-1}$) los tratamientos correspondientes al control biológico ($25,31 \pm 0 \text{ mg kg}^{-1}$) y la cepa 19RS3 ($36,51 \pm 5,82 \text{ mg kg}^{-1}$), destacándose que este último presentó el mayor valor medio. Las diferencias en el contenido de carbono oxidable entre tratamientos resultaron significativas ($p=0,0460$), observándose el mayor valor medio en el tratamiento correspondiente a la cepa 19RS3 ($25,32 \pm 5,67 \text{ mg g}^{-1}$), mientras que el tratamiento T5S-T4 presentó un valor intermedio ($17,58 \pm 1,93 \text{ mg g}^{-1}$) y el valor más bajo se observó para los controles biológico ($15,00 \pm 6,46 \text{ mg g}^{-1}$) y negativo ($15,12 \pm 6,25 \text{ mg g}^{-1}$). Finalmente, las diferencias para el nitrógeno total entre tratamientos también resultaron significativas ($p=0,0226$), donde el tratamiento con la cepa 19RS3 presentó un valor medio superior al resto ($2,15 \pm 0,06 \text{ g kg}^{-1}$); por su parte, el tratamiento con la cepa T5S-T4 ($1,58 \pm 0,21 \text{ g kg}^{-1}$) presentó un valor intermedio, correspondiendo el menor valor medio al tratamiento control negativo ($1,21 \pm 0,11 \text{ g kg}^{-1}$). Los resultados observados sugieren que existe un efecto sobre la composición del suelo tratado con las cepas de *B. altitudinis* promotoras del crecimiento estudiadas, en particular aumentando la disponibilidad de los tres nutrientes aquí

analizados, por lo que podrían tener potencial aplicación como mejoradoras de las condiciones del suelo además de sus efectos biofertilizantes previamente reportados.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Suelo. Nutrientes. Fósforo. Nitrógeno. Carbono.

Cuantificación de la actividad antibacteriana de extractos etanólicos de *Ilex paraguariensis* St. Hil (yerba mate) sobre bacterias de origen clínico productoras de carbapenemasas

Onetto, Andrea Liliana^{1,2*}; Novosak, Marina Gisel²; Cortese, Iliana Julieta^{1,2}; Stockmanns, Patricia Elizabeth^{1,2}; López, Florencia Alejandra²; De Lima, Carlos Javier²; Oviedo, Patricia Noemí²; Laczeski, Margarita Ester^{1,2}

¹CONICET. Buenos Aires, Argentina.

²Cátedra de Bacteriología. Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN). Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Avda. Mariano Moreno 1375, Posadas (3300), Misiones, Argentina, *onettoandrea@gmail.com

Resumen: El aumento en la incidencia de infecciones producidas por bacterias resistentes a los antibióticos disponibles actualmente representa un importante problema para la salud pública. La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) constituye una fuente de principios activos que presentan utilidad para la salud humana, entre los que se encuentran aquellos con actividad frente a los microorganismos. El objetivo del presente trabajo fue investigar la actividad antibiótica de extractos etanólicos de hojas de *I. paraguariensis* sobre dos cepas clínicas de bacilos gram negativos productoras de carbapenemasas. Se estudiaron una cepa de *Klebsiella pneumoniae* (CPKPC 7) productora de carbapenemasa tipo KPC y una cepa de *Proteus vulgaris* (CPMBL 22) productora de metalobetalactamasa. Se trabajó con extractos etanólicos obtenidos a partir de hojas de *I. paraguariensis* que fueron escaldadas al llegar al laboratorio y sometidas a continuación a tratamientos térmicos (temperatura ambiente, 50°C u 80°C) durante diferentes tiempos (30' o 60'), secadas posteriormente a temperatura ambiente y molidas. Se obtuvieron extractos etanólicos por maceración en frío que fueron concentrados empleando un evaporador rotativo. Mediante la técnica de microdilución en caldo se determinaron los valores de Concentración Inhibitoria Mínima (CIM) y Concentración Bactericida Mínima (CBM). Los valores de CIM coincidieron con los de CBM para *K. pneumoniae*, siendo de 1 mg ml⁻¹ para el extracto tratado a 50°C 30', de 0,25 mg ml⁻¹ para el extracto tratado a 80°C 30' y de 0,5 mg ml⁻¹ para el extracto tratado a 80°C 60'. Asimismo, los valores de CIM coincidieron con los de CBM para *P. vulgaris*, siendo de 0,125 mg ml⁻¹ para los extractos tratados a temperatura ambiente, a 50°C 30' y a 80°C 30', y de 0,5 mg ml⁻¹ para los extractos tratados a 50°C 60' y a 80°C 60'. En las dos cepas el extracto tratado a 80°C 30' presentó los valores menores de CIM y CBM, por lo que se constituye en un candidato ideal para continuar con estudios que permitan caracterizar los principios activos presentes, con vistas a desarrollar un producto antibiótico adecuado para uso humano.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*. Extractos. Bacterias. Resistencia a antibióticos. Carbapenemasas.

Propiedades antimicrobianas de extractos de *Ilex paraguariensis* St. Hil (yerba mate) sobre aislamientos de *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina

Novosak, Marina Gisel^{1*}; Stockmans, Patricia Elizabeth²; Onetto, Andrea Liliana^{2,3}; De Lima, Carlos Javier¹; Cortese, Julieta Iliana^{2,3}, Neumann, Karina Natalia¹, Oviedo, Patricia Noemí¹, Laczeski, Margarita Ester^{1,2,3}

¹Cátedra de Bacteriología. Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN). Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Avda. Mariano Moreno 1375, Posadas (3300), Misiones, Argentina, *marinanovosak2008@gmail.com

²CONICET. Buenos Aires, Argentina.

³Instituto de Biotecnología Misiones "Dra. María Ebe Reca" (InBioMis). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Ruta 12 Km 7,5. Posadas, Misiones, Argentina. CP 3304.

Resumen: *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (SAMR) es responsable de morbilidad y mortalidad significativas en pacientes tanto de entornos intrahospitalarios como de la comunidad. Causa infecciones de la piel y tejidos blandos, infecciones endovasculares, neumonía, artritis séptica, endocarditis, osteomielitis y sepsis. La dificultad de tratar las infecciones por SAMR debido a los mecanismos de resistencia que presenta plantea la necesidad de aislar e identificar nuevos compuestos bioactivos derivados de plantas, las cuales han demostrado ser fuente de metabolitos con propiedades antibacterianas. *Ilex paraguariensis* St. Hil (yerba mate) es una especie autóctona de interés agronómico para la provincia de Misiones y numerosas investigaciones avalan sus propiedades medicinales y efectos antimicrobianos. El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad antimicrobiana de extractos de *Ilex paraguariensis* St. Hil frente a cepas clínicas de SAMR. Se estudiaron cinco extractos etanólicos de hojas de *Ilex paraguariensis* St. Hil obtenidos mediante digestión controlada a temperatura ambiente; 50°C durante 30 y 60 minutos y a 80°C durante 30 y 60 minutos. Se determinó la Dosis Inhibitoria Mínima (DIM) sobre diez cepas clínicas de SAMR utilizando el método de difusión con discos. Se evaluó el efecto conjunto de los extractos y antibióticos comerciales utilizados en el control de SAMR a través del método de doble disco para determinar posibles sinergismos. Las DIM de los extractos etanólicos obtenidos a temperatura ambiente y a 50°C durante 30 minutos presentaron una mediana de 4 mg disco⁻¹, mientras que los demás extractos no presentaron actividad. Los extractos etanólicos obtenidos a temperatura ambiente y a 80°C durante 30 minutos enfrentados a clindamicina mostraron una asociación positiva, mientras que la combinación de los demás antibióticos con los diferentes extractos fue indiferente. Concluimos que el extracto etanólico de las hojas *Ilex paraguariensis* St. Hil representa una fuente potencial de metabolitos con capacidad antimicrobiana sobre cepas clínicas de SAMR que podría utilizarse para complementar el tratamiento actual de las infecciones producidas por este microorganismo. Resulta necesario continuar con los estudios para identificar las fracciones y/o moléculas responsables de la actividad antibacteriana sobre SAMR.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina. Dosis Inhibitoria Mínima. Actividad antimicrobiana. Extractos.



Con el apoyo de:



“Este evento fue cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con el apoyo del FEEI”.

ISBN: 978-99967-884-9-9

