

## Artículo Original

### **Fertilización nitrogenada y fosfórica en yerba mate (*Ilex paraguariensis* st. hil.) en el Distrito de Paso Yobay, Departamento del Guairá** Nitrogen and phosphorus fertilization in yerba mate (*Ilex paraguariensis* st. hil.) in the district of Paso Yobay, Department of Guairá

Sandra Arzamendia Arguello<sup>1</sup> , \*Jimmy Walter Rasche Alvarez<sup>1,2</sup> , Diego Augusto Fatecha Fois<sup>1,2</sup> , Anahi Ferreira Gomez<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Este, Facultad de Ingeniería Agronómica. Minga Guazu, Paraguay

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Área Suelos y Ordenamiento Territorial. San Lorenzo, Paraguay

<sup>3</sup>Universidade Federal Do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo. Porto Alegre, Brasil

#### RESUMEN

La yerba mate es una planta perenne de cosecha anual, del cual las hojas y las ramas finas, son retiradas de la planta y consideradas como producción comercial, donde la provisión de nitrógeno y fósforo resultan fundamentales para una producción económicamente rentable. Con el objetivo de evaluar el efecto de dosis de nitrógeno y fósforo sobre la concentración de nitrógeno y fósforo en la planta y producción yerba mate se instaló un experimento en la localidad de Mangrullo, Paso Yobai, Guairá entre los meses de agosto de 2018 a julio de 2019. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, en un esquema bifactorial, donde el factor 1 correspondió a dosis de N (0, 60 y 120 kg ha<sup>-1</sup> de N) y el factor 2, dosis de fósforo (0, 60 y 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron el contenido de nitrógeno, fósforo en hojas y ramas finas y rendimiento comercial de la yerba mate (kg ha<sup>-1</sup>). Los datos fueron sometidos a test de normalidad y posteriormente a análisis de varianza y comparación de medias mediante prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error y análisis de regresión. Los resultados analizados indican diferencias significativas en la variable de concentración de N en ramas finas, los tratamientos con 60 y 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno presentaron 15,54 y 16,36 g kg<sup>-1</sup> respectivamente, fueron superior al tratamiento testigo que presentó 11,1 g kg<sup>-1</sup>. Las demás variables fueron estadísticamente similares, con valores promedios de nitrógeno en hojas de 30,31 g kg<sup>-1</sup>, fósforo en hojas de 1,05 g kg<sup>-1</sup>, fósforo en ramas finas de 0,77 g kg<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio fue de 7866 kg ha<sup>-1</sup>. La aplicación de dosis crecientes de N y P no influenciaron en la producción de yerba mate en el primer año de evaluación.

**Palabras clave:** nitrógeno, fósforo, fertilización química, producción de hojas.

#### ABSTRACT

Yerba mate is a perennial plant harvested annually, from which the leaves and fine branches are removed from the plant and considered as commercial production, where the provision of nitrogen and phosphorus are essential for an economically profitable production. In order to evaluate the effect of nitrogen and phosphorus doses on the concentration of nitrogen and phosphorus in the plant and yerba mate production, an experiment was set up in the town of Mangrullo, Paso Yobai, Guairá between the months of August 2018 and July 2019. The experimental design was a randomized complete block, in a bifactorial scheme, where factor 1 corresponded to N doses (0, 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N) and factor 2, phosphorus doses (0, 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), with three repetitions. The variables evaluated were the nitrogen and phosphorus content in leaves and thin branches and commercial yield of yerba mate (kg ha<sup>-1</sup>). The data were subjected to a normality test and subsequently to variance analysis and comparison of means using the Tukey test at 5% probability of error and regression analysis. The results analyzed indicate significant differences in the variable of N concentration in thin branches; the treatments with 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen presented 15.54 and 16.36 g kg<sup>-1</sup> respectively, were higher to the control treatment which presented 11.1 g kg<sup>-1</sup>. The other variables were statistically similar, with average values of nitrogen in leaves of 30.31 g kg<sup>-1</sup>, phosphorus in leaves of 1.05 g kg<sup>-1</sup>, phosphorus in thin branches of 0.77 g kg<sup>-1</sup>. The average yield was 7866 kg ha<sup>-1</sup>. The application of increasing doses of N and P did not influence yerba mate production in the first year of evaluation.

**Keywords:** Nitrogen, Phosphorous, Chemical fertilization, leaf production.

**\*Autor correspondiente: Jimmy Walter Rasche Alvarez.** Docente y Tutor en la Maestría en Nutrición de Plantas y Producción Agrícola de la FIA-UNA y Docente Investigador de Tiempo Completo asociado a la Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay Email: [jwrasche@agr.una.py](mailto:jwrasche@agr.una.py)

Fecha de recepción: Enero de 2024. Fecha de aceptación: Febrero de 2025

**Editora responsable:** Graciela María Patricia Velázquez de Saldívar . Universidad del Cono Sur de las Américas, UCSA.



## INTRODUCCIÓN

La yerba mate es una especie nativa del sur de Paraguay, noreste de Argentina y sur de Brasil (Giberti 2011) del cual se extrae las hojas y ramas finas, menores a 1 cm, y que al procesarlas se obtiene la materia prima para consumo humano, tanto puro, como mezcladas con otras hierbas medicinales como infusión caliente (mate, cocido, té) o infusión fría como el tereré (Morinigo et al. 2020; Figueroa et al. 2024). Actualmente además de su consumo como infusión, esta planta es utilizada en distintas áreas, como la culinaria, preparación de bebidas, cosméticos, productos farmacéuticos, entre otros (Bastos et al. 2007; Tomasi et al., 2024).

El Censo Agropecuario Nacional (CAN 2022), en Paraguay menciona que existen alrededor de 38724 ha con plantaciones de yerba mate, con una producción aproximada de 211420 Mg, con rendimiento promedio por ha de 5460 kg ha<sup>-1</sup>. La producción nacional se concentra en la región Oriental, siendo los principales departamentos productores Itapúa con 22226 ha, lo que representa el 57,4% de la superficie, distribuidas en 8243 fincas; Guairá con 10.281 ha, representando 26,5% de la superficie en 2643 fincas; Alto Paraná con 1167 ha en 698 fincas y Canindeyu con 1155 ha en 76 fincas. En relación al tamaño de las fincas, se observa que de las 13.373 fincas donde se produce yerba mate, el 94,9% (12.697 fincas) son menores a 20 ha, demostrando que es un cultivo de la agricultura familiar campesina, muy dependiente de la mano de obra local, por lo tanto, es un cultivo clave no solo del punto de vista cultural, sino también de punto de vista económico y social.

Dado a la alta producción y extracción de hojas y tallos finos en la cosecha de la yerba mate, este cultivo exporta una gran cantidad de nutriente. Por cada 1.000 kg de parte cosechada de yerba mate se exportan 8,2 kg de N, 2,5 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 7,7 kg de K<sub>2</sub>O (Capellari et al. 2017), que por lo general deben reponerse para mantener la fertilidad del suelo (Wendling y Santin 2015).

Entre los nutrientes extraídos por la planta, el N es el de mayor cantidad, la deficiencia de este elemento en el suelo limita el desarrollo de la biomasa de la planta, ya que el N es el encargado de fomentar la formación de hojas y la fotosíntesis en la planta, formación de proteínas, además favorece al desarrollo del sistema radicular, así como también promueve la absorción de otros nutrientes, actúa en sinergismo con el fósforo (P) y en dosis adecuadas favorecen al desarrollo de la planta. Se lo considera como el macronutriente primario que demuestra más rápidamente su efecto en el crecimiento de las plantas, plantas con deficiencia de N se vuelven de color amarillento, con tallos que tienen escaso desarrollo, quedándose delgados y con pocas ramificaciones (Santin et al. 2013; Santin et al 2019).

Por su parte, el P es el encargado de la acumulación y transferencia de energía en la planta para las actividades fotosintéticas, además de formar parte del ADN y ARN (Taiz y Zeiger, 2010). Aunque el P es necesario en menor cantidad que el N por la planta, es un nutriente bastante utilizado en la fertilización, debido a la carencia de este elemento en la mayoría de suelos de la región Oriental, donde se sitúan las zonas productivas de yerba mate, considerando además que los mismos presentan altos niveles de fijación de P, ya que estos suelos presentan tendencia ácida y/o a alta presencia de ciertos minerales de la arcilla y óxidos hierro y aluminio, que indisponibilizan al elemento, además siendo que el P posee baja movilidad en el suelo y debe ser incorporado cerca de las raíces (Skromeda 2019).

En el Paraguay por más que la yerba es un cultivo muy tradicional, no existe un manual de recomendación de fertilización en yerba mate como existe para otros cultivos (Fatecha 2001, Cubilla 2012), por lo que se debe utilizar manuales con

tablas de recomendación de fertilización de otros países como de Argentina (Capellari et al. 2017) y Brasil (CQFS-RS/SC 2016, SBCS-NEP 2017).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis de fertilizante nitrogenado y fosfatado sobre la concentración de nitrógeno y fósforo en la planta y producción yerba mate en en la localidad de Mangrullo, distrito de Paso Yobai, departamento de Guairá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la compañía Mangrullo, en el distrito de Paso Yobai del Departamento de Guairá, geográficamente situado entre las coordenadas, latitud 25°48'54"S y 55°53'21"O, con 167 msnm, entre los meses de agosto 2018 hasta el mes de julio del 2019.

El suelo predominante de la zona clasificado a nivel de sub grupo es de Rhodic Paleudult, cuyo suelo deriva de arenisca, ubicado en paisaje de lomada, con drenaje bueno, rocosidad nula y pendiente del terreno menor a 3% (López et al. 1995).

Antes de la instalación del experimento fue realizado análisis químico del suelo de la camada de 0-20 cm constatándose pH ligeramente ácido (5,3) con bajo nivel de materia orgánica (1,01%), fósforo muy bajo (3,1 mg kg<sup>-1</sup>), nivel medio de calcio (2,13 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) y bajo de magnesio (0,41 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) y valor medio de potasio (0,15 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), con presencia de aluminio (0,43 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), observados en la tabla 1. El suelo presentó 85% de arena, 7% de limo y 8% de arcilla, clasificándose como de clase textural de areno franca.

**Tabla 1.** Características químicas del suelo utilizado para el experimento de fertilización con N y P en yerba mate. Mangrullo, 2018.

Prof. cm	M.O. %	pH	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>
				cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				
0-20	1,06	5,3	3,1	2,13	0,41	0,15	0,00	0,43

Fuente: FIA, UNE (2018).

La parte sureste del departamento de Guairá posee clima templado/sin estación seca/verano caliente (Cfa) según la clasificación climática de Köppen. La temperatura promedio anual es de 21,5° C y la precipitación anual promedio es de 1648 mm (DINAC, 2022).

El experimento fue dispuesto en el campo en bloques completos al azar en un esquema bifactorial (3 x 3) donde el factor A fue las dosis de N (0, 60 y 120 kg ha<sup>-1</sup>) y el factor B las dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 60 y 120 kg ha<sup>-1</sup>), con 3 repeticiones, totalizando 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental estaba compuestas por 9 plantas distanciadas a 2,3 m entre plantas y 3,8 m entre hileras cada unidad experimental tuvo 78,7 m<sup>2</sup> (6,9 metros de largo y 11,4 metros de ancho). Cada bloque tuvo 708 m<sup>2</sup> (102,6 m de largo y 6,9 m de ancho). El tamaño total del experimento fue de 2.123 m<sup>2</sup>.

El yerbal en el cual se implantó el experimento tenía 14 años y se encontraba en etapa de producción. Inicialmente se realizó el corte de uniformidad de la yerba mate, en fecha 12 de julio de 2018, donde se utilizó el método de cosecha tradicional que consiste en la eliminación del hasta 95% de las hojas y ramas finas. El rendimiento comercial de esta plantación fue de 3000 kg ha<sup>-1</sup> con el manejo ya mencionado, luego del corte se realizó un trabajo de limpieza del yerbal, que consiste en cortar las ramas muy largas o que están muy encimados y retirar o cortar parte de la planta que han sido dañado por el sol u otro factor climático que después puedan afectar la brotación. Estos trabajos se realizaron

antes de la fertilización con el fin de darle a la planta condiciones para que una vez empiece a brotar ya no se le vuelva a cortar y estresar la planta. Seguidamente fue realizada la marcación de las unidades experimentales en la parcela de yerba mate, y posteriormente se realizó la remoción del suelo entre hileras para control de malezas y a la aplicación de los fertilizantes en cada unidad experimental.

Se aplicó urea (45-0-0) como fuente de N, Súper Fosfato Triple (0-46-0) como fuente de  $P_2O_5$  y cloruro de potasio (0-0-60) como fuente de  $K_2O$ , aplicandose 100 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  en todo el experimento.. El potasio y el fósforo se aplicaron en dosis única, en una sola aplicación al voleo alrededor de las plantas en el momento de implantar el experimento (setiembre del 2018), en cambio el N fue dividido en 3 aplicaciones. Se fraccionó la aplicación de la dosis de los tratamientos con N en 50% 30% y 20% de la dosis total, considerando la facilidad de pérdida del N aplicado, por lixiviación o volatilización, además se consideró las tres épocas más marcadas de brotación de la yerba mate en nuestro país, la primera aplicación se realizó en setiembre de 2018, la segunda en enero de 2019 y la tercera en febrero de 2019.

Las labores de manejo del área experimental se realizaron de acuerdo a necesidad, destacándose el control manual de las malezas. Los cuidados culturales que se tuvieron con la parcela fueron corte de maleza con desmalezador entre hileras y carpida alrededor de la planta de yerba mate, aplicación de insecticida para control de rulo de la yerba mate (*Gyropsylla spegazziniana* Lizer (Hemiptera: Psyllidae)) en tres oportunidades, considerando el apareamiento de la plaga y la brotación de la yerba mate, y también la aplicación de insecticida para el marandova de la yerba mate (*Perigonia lusca* (Lepidoptera: Sphingidae)) que tuvo incidencia durante el experimento.

Para determinar la concentración de N y P en hojas y ramas finas se tomaron muestras de 20 ramas de cada unidad experimental, dentro de la parcela útil de los mismos, fueron retirados dichas muestras de la parte alta, media y baja de las plantas con tijera en julio de 2019 y depositados en bolsas de papel para su traslado al laboratorio para su análisis correspondiente, siguiendo la metodología de Tedesco et al., (1995) y los resultados se expresaron en  $g\ kg^{-1}$ .

Para determinar el rendimiento de hojas se realizó el corte de las plantas el día 20 de agosto de 2019, se utilizó el método de cosecha tradicional, retirando el 100% de área foliar de la planta, las plantas que estaban dentro de la parcela útil (3 plantas por unidad experimental) fueron cosechadas (hojas y ramas finas hasta 1 cm de diámetro) y pesadas con una balanza de precisión de 5 g y los resultados fueron expresados en  $kg\ ha^{-1}$ .

Los datos obtenidos fueron sometidos test de normalidad por el método de Shapiro-Wilk, mediante la utilización del programa estadístico Infortat, y considerando que la distribución de los datos fueron normales, se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) con la utilización del programa estadístico Agroestat, cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las medias de las variables, estas fueron comparadas a través del test de Tukey al 5% de probabilidad de error y entre fuentes y dosis de fertilizante se realizaron curva de regresión.

## RESULTADOS

### Nitrógeno y fósforo en las hojas y ramas finas

La concentración de N y de P en las hojas no presentaron diferencias significativas por efecto de las dosis de N o de P aplicadas en cada tratamiento (Tabla 2), tampoco hubo interacción entre ambos factores.

Los promedios de contenido de nitrógeno en hojas oscilaron entre 25,6 a 36,5 g kg<sup>-1</sup>. La falta de respuesta a la aplicación de N principalmente se deba a que este es el primer año de fertilización después de una poda drástica, la fertilización fue realizada después de una poda drástica de uniformización, también se podría atribuir a otros factores como el contenido de materia orgánica en el suelo (1,06%) nivel bajo, del lugar del experimento e inclusive por la época de toma de muestra que fue en la estación de invierno, caracterizado por la reducción de las actividades metabólicas en las plantas y aumento de la concentración de nutrientes, en especial N en las plantas, ya que existe influencia de la estación del año en la disponibilidad de nutrientes en las hojas, así como el estado de madurez de las hojas (Ribeiro et al. 2008), por lo que en esta época de colecta de muestra posiblemente al no haber crecimiento no hay drenaje de nutrientes a las hojas más nuevas, en ese sentido Caron et al. (2014), observaron valores de 26,4 g kg<sup>-1</sup> de N en yerba mate en invierno, siendo la concentración de N en invierno mayor que en otras estaciones del año. También hay que considerar que la fertilización nitrogenada no necesariamente asegura una buena nutrición, por los diversos procesos de transformación y de pérdidas que se somete el nitrógeno en el suelo, más aún siendo la fuente la urea y en un suelo con 85% de arena.

Aunque no hubo respuesta en la concentración de N en las hojas, se puede sostener que el valor promedio encontrado en el presente experimento (30,3 g kg<sup>-1</sup> de N) estarían en un rango aceptable, considerando que Reissmann et al. (1997), Pandolfo et al. (2003) y Wolf (2005) mencionan que los valores intermedios varían en franjas entre 18,8 g kg<sup>-1</sup> a 29,1 g kg<sup>-1</sup> de N, Dechen y Nachtigall (2007), consideran niveles foliares entre 20 a 50 g kg<sup>-1</sup> de N, Brun et al. (2013) observaron concentraciones de N de 22,9 g kg<sup>-1</sup>, mientras que Santín (2013) sostiene que la concentración foliar de N debe estar entre 33,0 y 37,0 g kg<sup>-1</sup>, por su parte Rossa (2013) obtuvo concentraciones de N entre 29,70 g kg<sup>-1</sup> y 35,26 g kg<sup>-1</sup> de N, siendo estos valores similares al del presente trabajo, siendo inclusive superior a valores de N encontrados en otros experimentos con yerbales realizados en Paraguay, como es el caso de un experimento de un yerbal en etapa de crecimiento en el cual se evaluaron la concentración de N en la planta por tres años y no se observó aumento de N en la hoja como respuesta a la fertilización nitrogenada siendo el promedio de N en las hojas de 22,90 g kg<sup>-1</sup>, 18,96 g kg<sup>-1</sup> y 16,86 g kg<sup>-1</sup> en el primer, segundo y tercer año respectivamente (López, 2021; Ferreira 2022 y Vera 2023).

**Tabla 2.** Concentración de nitrógeno y fósforo en hojas en cultivo de yerba mate, por efecto de la aplicación de dosis de nitrógeno y fósforo. Mangrullo 2019.

Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Contenido de N en las hojas (g kg <sup>-1</sup> )				
	Dosis de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	Promedio	
0	26,32	25,65	36,53	29,50 <sup>ns</sup>	
60	35,53	32,30	33,85	33,80	
120	28,81	27,79	26,27	27,62	
Promedio	30,12 <sup>ns</sup>	28,58	32,22	30,31	
	Contenido de P en las hojas (g kg <sup>-1</sup> )				
	0	0,96	1,07	1,11	1,03 <sup>ns</sup>
	60	1,16	1,20	0,99	1,11
	120	0,97	1,08	0,91	1,01
	Promedio	1,05 <sup>ns</sup>	1,12	0,99	1,05

CV= 17,22% y 10,3%, respectivamente. ns: No significativo según el ANOVA 0,05.

En relación a la concentración de P en las hojas de yerba mate (Tabla 2), posiblemente no fue estadísticamente significativo, debido a que la planta de yerba mate no es tan exigente a este elemento, como lo es con el nitrógeno y el potasio. Oliva (2014), comenta que la yerba mate posee un mecanismo de adaptación para producir en suelos con bajos niveles de P, relacionando los niveles bajos encontrados en análisis de hojas a una diferencia genotípica y no a un nivel de deficiencia, sin embargo, Santin et al. (2013), constataron que la yerba mate en etapa de crecimiento es exigente en P. Los resultados de contenido de P son similares a lo encontrado por Santin (2013) 1,2 a 1,6 g kg<sup>-1</sup> de P, Caron et al. (2014) 1,7 g kg<sup>-1</sup> de P. Por su parte, Brun et al. (2013), encontró valores más altos de P 2,3 g kg<sup>-1</sup>, mientras que Wolf (2005), obtuvo valores 0,82 g kg<sup>-1</sup> de P valores menores al de este experimento. En experimentos de fertilización fosfatada en nuestro país los valores de P en el tejido fueron de 1,80 1,15 y 1,80 g kg<sup>-1</sup> (López, 2021; Ferreira 2022 y Vera 2023).

En relación a la concentración de N en las ramas finas de la yerba mate se observó diferencia significativa en relación a la dosis de N aplicada (Tabla 3), no así en relación al nivel de fósforo agregado al suelo, tampoco se observó interacción entre estos dos factores.

En la tabla 3, se puede observar que la aplicación de dosis, tanto, de 60 y 120 de N ha<sup>-1</sup> presentaron diferencias significativas con el testigo. En ese sentido, la concentración del nitrógeno en ramas finas aumentó en forma lineal a la aplicación de N ( $y = 0,0438x + 11,703$ ;  $R^2 = 0,86$ ) de los tratamientos donde se les aplicó el mencionado nutriente.

El nitrógeno aplicado en forma de urea, presenta alta solubilidad, por lo cual produce mayor liberación del nitrógeno en menor tiempo, sin embargo, el N debe pasar de NH<sub>2</sub> a NH<sub>4</sub> para ser absorbido por las plantas, metabolizadas y trasladadas a las ramas finas menores de 1 centímetro de diámetro, siendo detectada así una mayor concentración de nitrógeno en esas ramas que podrán servir de reserva para la planta, estos datos son similares a lo encontrado por Santin, (2013), en que la yerba mate, quien afirma que esta planta responde de manera satisfactoria a la fertilización nitrogenada, de manera que aumenta la presencia de este nutriente en la fracción cosechada de la planta, en este caso las ramas finas.

El contenido de P en ramas finas de los tratamientos evaluados fue estadísticamente similares (Tabla 3). Esta situación se presentó posiblemente a que la yerba mate es una especie adaptada a suelos con niveles bajos de fósforo, el contenido promedio de fósforo en ramas finas fue de 0,77 g kg<sup>-1</sup>, lo que difiere con lo encontrado por Brun et al. (2013), con 2,3 g kg<sup>-1</sup> de P, sin embargo realizaron la cosecha en periodos de 2 años; siendo detectado la mayor concentración de fósforo en ramas con diámetro superior a 1 centímetro, sin embargo en este trabajo no se cosecharon ni se evaluaron ramas gruesas (>1 centímetro de diámetro). En relación al tallo, Skromeda (2019), menciona que el aporte de P en la planta de yerba mate está relacionado al aumento del nivel de hidrato de carbono solubles totales del tallo que posteriormente serán utilizados como fuente de energía para la brotación luego de las podas. Santin et al. (2017) encontraron una concentración de P de 1,1 a 1,4 g kg<sup>-1</sup> en ramas finas adicionando P hasta dosis de 320 kg ha<sup>-1</sup>, donde los valores de P se mantuvieron estables en intervalo de cosecha de 12 meses, aumentando la concentración de P en ramas finas a intervalo de cosecha de 18 y 24 meses; recordando que en el presente experimento se realizó la evaluación 12 meses después de la poda de uniformización.

**Tabla 3.** Concentración de nitrógeno y fósforo en ramas finas en cultivo de yerba mate, por efecto de la aplicación de dosis de nitrógeno y fósforo. Mangrullo 2019.

Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Contenido de N en las ramas finas (g kg <sup>-1</sup> )			
	Dosis de P (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	Promedio
0	10,19	9,81	13,29	11,10 b*
60	14,25	15,87	16,51	15,54 a
120	18,10	16,56	14,43	16,36 a
Promedio	14,18 <sup>ns</sup>	14,08	14,74	14,33
Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Contenido de P en las ramas finas (g kg <sup>-1</sup> )			
	Dosis de P (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	Promedio
0	0,83	0,78	0,75	0,78 <sup>ns</sup>
60	0,81	0,81	0,79	0,80
120	0,71	0,71	0,78	0,73
Promedio	0,78 <sup>ns</sup>	0,77	0,77	0,77

CV= 19,06% y 12,4%, respectivamente. \* Significativo  $P \geq 0,05$ .  $y = 0,0438x + 11,703$ ;  $R^2 = 0,86$ . ns: No significativo.

### Producción de yerba mate

El rendimiento de la yerba mate no presentó diferencias significativas en las dosis de N y de P aplicadas en cada tratamiento, tampoco se observó interacción entre los factores (Tabla 4).

La yerba mate no responde de manera inmediata a las aplicaciones de fertilizantes en comparación a los cultivos anuales. Probablemente la yerba mate presentará respuestas a la fertilización posterior al periodo de 12 meses, esto podría deberse a su condición de planta perenne que sometido a podas anuales generan condiciones de estrés, que conlleva a la planta a un proceso de almacenamiento de compuestos requeridos en el inicio de las brotaciones, posterior a cada cosecha. En otoño es donde ocurre la tercera y última brotación de yerba mate donde se produciría una acumulación de nutrientes, reservas carbonadas y reciclado de nutrientes de las hojas viejas que, por un proceso natural en la mayoría de la yerba mate, las plantas pierden sus hojas viejas para dar inicio a un reciclado de nutrientes que luego serían adsorbidos y acumulado en los tallos y raíces para dar inicio a la brotación en primavera (Skromeda 2019).

**Tabla 4.** Producción del cultivo de yerba mate, por efecto de la aplicación de dosis de nitrógeno y fósforo. Mangrullo 2019.

Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Producción de yerba mate (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Dosis de P (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	Promedio
0	7223	8168	8281	7878 <sup>ns</sup>
60	8042	8042	8408	8585
120	5943	6270	9196	7136
Promedio	7069	7914	8615	7866

CV= 31,6%. ns: No Significativo  $P \geq 0,05$ .

De Souza et al. (2008) obtuvieron rendimiento de 8.504 kg ha<sup>-1</sup> en la cosecha tradicional mejorada y 9.436 kg ha<sup>-1</sup> en la poda drástica, donde se exportó más nutrientes con el segundo sistema de poda ya que retira mayor cantidad de masa verde del sistema. En otros experimentos en Paraguay tampoco se obtuvo respuesta a la fertilización química en el primer año de implantación (Ferreira et al., 2024).

## CONCLUSIÓN

Considerando las condiciones en que se realizaron el experimento, ubicado en la principal zona productora de yerba mate del Guairá, se llega a la conclusión de que en un suelo clasificado como Paleudult, en el primer año de aplicación de nitrógeno y fósforo vía fertilizantes químicos no se tiene influencia en las variables de concentración de nitrógeno en hojas ( $30,31 \text{ g kg}^{-1}$ ), fósforo en hojas ( $1,05 \text{ g kg}^{-1}$ ) y ramas finas ( $0,77 \text{ g kg}^{-1}$ ), sin embargo, la fertilización nitrogenada aumenta linealmente la concentración de N en ramas finas.

La aplicación de nitrógeno y fósforo en los distintos niveles en este experimento no influye en el rendimiento en el primer año de evaluación cuyo promedio general fue de  $7866 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Considerando estos datos iniciales, se recomienda realizar experimentaciones por varios años para mayor confiabilidad de los datos.

### Contribución de autores:

**Sandra Arzamendia:** Planificación y conducción del experimento, obtención de los datos, redacción del manuscrito.

**Jimmy Rasche:** Planificación del experimento, análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito.

**Diego Fatecha:** Ayuda en la Planificación del experimento, interpretación de los resultados y revisión del manuscrito.

**Anahi Ferreira:** Revisión del manuscrito.

**Conflicto de interés:** Los autores declaramos no tener conflicto de interés.

**Financiación:** Financiación por los autores.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastos, D. H. M., De Oliveira, D. M., Matsumoto, R. T., Carvalho, P. D. O., & Ribeiro, M. L. (2007). Yerba mate: pharmacological properties, research and biotechnology. *Med Aromat Plant Sci Biotechnol*, 1(1), 37-46.  
[https://www.researchgate.net/profile/Daniela-Beltrame-2/publication/284040962\\_Yerba\\_mate\\_Pharmacological\\_Properties\\_Research\\_and\\_Biotechnology/links/53db8fbc0cf2a76fb667a4d4/Yerba-mate-Pharmacological-Properties-Research-and-Biotechnology.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Daniela-Beltrame-2/publication/284040962_Yerba_mate_Pharmacological_Properties_Research_and_Biotechnology/links/53db8fbc0cf2a76fb667a4d4/Yerba-mate-Pharmacological-Properties-Research-and-Biotechnology.pdf)
- Brun, E., Brun, F., Mezzalira, C., Frigotto, T. (2013). Implicações nutricionais da colheita de erva-mate: estudo de caso na região sudoeste do Paraná. *Revista Ecologia e Nutrição Florestal*. 1(2):72-79.  
[https://www.researchgate.net/publication/275561964\\_Implicacoes\\_nutricionais\\_da\\_colheita\\_de\\_erva-mate\\_estudo\\_de\\_caso\\_na\\_regiao\\_sudoeste\\_do\\_Parana](https://www.researchgate.net/publication/275561964_Implicacoes_nutricionais_da_colheita_de_erva-mate_estudo_de_caso_na_regiao_sudoeste_do_Parana)
- Capellari, P.L., Burgos, A.M., Cabrera, M.G., Dalurzo, H.C., Dávalos, M., Dirchwolf, P., Dolce, N.R., Fediuk, A., Holowaty, S.A., Llera, V., Maiocchi, M., Medina, R.D., Molina, S.P., Ruiz, G., Mayol, M., Tarrago, J., Yacovich, M. (2017). *Yerba mate reseña histórica y estadística: producción e industrialización en el siglo XXI* (en línea). 1 ed. Corrientes, Argentina, Consejo Federal de Inversiones. 310 p.  
[https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27893/RIUNNE\\_FC\\_A\\_L\\_Burgos-Medina-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27893/RIUNNE_FC_A_L_Burgos-Medina-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Caron, B.O., Santos, D.R.D., Schmidt, D., Basso, C.J., Behling, A., Eloy, E., Bamberg, R. (2014). Biomassa e acúmulo de nutrientes de *Ilex paraguayensis* A. St. Hil. *Ciência Florestal*, 24:267-276. <https://doi.org/10.5902/1980509814565>
- Censo Agropecuario Nacional (CAN). (2022). Available at: <https://www.datos.gov.py/dataset/censo-agropecuario-nacional-can-2022>
- CQFS - RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo). (2016). *Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 11.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 376p.

- Cubilla A, M.M., Wendling, A., Eltz, F.L., Amado, T.J., Mielniczuk, J. (2012). *Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo el sistema de siembra directa en el Paraguay. Asunción, Paraguay*, CAPECO. 88 p. [https://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/libro-final\\_recomendaciones-de-fertilizacion-paraguay\\_2012.pdf](https://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/libro-final_recomendaciones-de-fertilizacion-paraguay_2012.pdf)
- De Souza, J. L. M., De Araujo, M. A., Brondani, G. E., Reissmann, C. B., Júnior, A. M., Wolf, C. S. (2008). Exportação de nutrientes foliares em diferentes tipos de poda na cultura da erva-mate. *Scientia agraria*, 9(2): 177-185. <https://www.redalyc.org/pdf/995/99516825007.pdf>
- Dechen, A.R, Nachtigall, G.R. (2007). *Elementos requeridos à nutrição de plantas*. In: Novais, RF; Alvarez, VH; Barros, NF; Fontes, LF; Cantarutti, RB; Neves, CL. Viçosa, Brasil, EMBRAPA. p. 91-132. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/541704>
- DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil); DMH (Dirección de Meteorología e Hidrología). (2021). *Anuario climatológico* (en línea). <https://www.meteorologia.gov.py/wp-content/uploads/2022/09/Anuario-2021-final-1.pdf>
- Fatecha A, A. (2001). *Guía para la fertilización de cultivos anuales y perennes de la región oriental del Paraguay*. 46 p.
- Ferreira G., A. (2022). *Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de yerba mate (Ilex paraguariensis St. Hil.) Año II*. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. 62 p.
- Ferreira, S., Ferreira, A., Rasche, J. (2024). Fertilización Química, Yeso Agrícola y su Efecto sobre la Producción de Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico* (Encarnación), 18(18): e2024007. <https://revistas.uni.edu.py/index.php/rseisa/article/view/572>
- Figueroa R., Aguilar Rabito, A.C., Mereles, L., Núñez, B., Ramos, P.R. Hábitos de consumo de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) en la población del Departamento Central, Paraguay. (2022). *Rev. Nac. (Itauguá)*. 2024; 16(2): 015-031. <http://dx.doi.org/10.18004/rdn2024.may.02.015.031>
- Giberti, G.C. (2011) La "yerba mate" (*Ilex paraguariensis*, *Aquifoliaceae*) en tempranos escritos rioplatenses de Bonpland y su real distribución geográfica en Sudamérica austral. *Bonplandia* 20(2): 203-212. <https://doi.org/10.30972/bon.2021324>
- Llera, V., Medina, R.D. (2017). Plantación y Fertilización. En: P. Capellari (Ed) Yerba mate, reseña histórica y estadística, producción e industrialización en el siglo XXI 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Consejo Federal de Inversiones, 310 p.
- López, O., González, E., De Llamas, P., Molinas, A., Franco, E., García, S., & Rios, E. (1995). Mapa de reconocimiento de suelos de la región oriental del Paraguay. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería Asunción, Paraguay); Banco Mundial; Gobierno del Japón; Servicio Geodésico 51 Interamericano. Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra. p. 90-94. Consultado 3 dic. 2022. Disponible en <https://www.geologiadelparaguay.com.py/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf#page=94>
- López, V. (2021). Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de yerba mate. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. 48 p.
- Morinigo, K; Barrios, P. A. V; Dávalos, M. Y; Paiva, C; & Lopez, R. (2020). *Área de la ciencia: ciencias biológicas colecta de semillas de Ilex paraguariensis, en yerbales antiguos de Paraguay*. Itapúa, Paraguay. Consultado 26 agos. 2021. Disponible [http://repositorio.uni.edu.py/documentos/Liliana%20Talavera%20St%20C3%A9fani\\_Colecta%20de%20semillas%20de%20Ilex%20paraguariensis.pdf](http://repositorio.uni.edu.py/documentos/Liliana%20Talavera%20St%20C3%A9fani_Colecta%20de%20semillas%20de%20Ilex%20paraguariensis.pdf)
- Oliva, E.V., Reissmann, C.B., Gaiad, S., de Oliveira, E.B., Sturion, J. A. (2014). Composição nutricional de procedências e progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em latossolo vermelho distrófico. *Ciência Florestal*, 24(4), 793-805. <https://doi.org/10.1590/1980-509820142404001>
- Pandolfo, C; Floss, P; Da Croce, D; Dittrich, R. 2003. Resposta da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) à adubação mineral e orgânica em um latossolo vermelho aluminoférrico. *Ciência Florestal*, 13(2): 37-45. <https://doi.org/10.5902/198050981740>

- Reissmann, C., Koehler, C., Rocha, H., Hildebrand, E. (1997). Production and foliar N, P, K, Ca and Mg levels in erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), related to increasing base saturation levels. Brazilian Archives of Biology and Technology 40:241-249.
- Ribeiro, M., Reissmann, C., Corrêa, D. (2008). Nutrição da erva-mate com sulfato de amônio. *Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal* 14(3): 204-211.  
[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/14689/1/ARTIGO\\_Nutrição%20da%20erva-mate%20com%20sulfato%20de%20amônio.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/14689/1/ARTIGO_Nutrição%20da%20erva-mate%20com%20sulfato%20de%20amônio.pdf)
- Rossa, U.B. (2013). Produtividade e compostos foliares de erva-mate sob efeitos de luminosidade e fertilização. Tesis (Doutorado em Engenharia Florestal). Curitiba, Brasil, Universidade Federal do Paraná. 207 p.  
<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/32260/R%20-%20T%20-%20UBERSON%20BOARETTO%20ROSSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santin, D. (2013). Produtividade e disponibilidade de nutrientes influenciadas pela calagem, adubação NPK e intervalos de colheita em erva-mate. Tesis (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Viçosa, Minas Gerais, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 104 p. <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/5e77f649-3f89-405d-96da-c4249ebf79e3/content>
- Santin, D., Benedetti, E., Félix de Barros, N., Carvalho de Almeida, I., Ferreira, G., Lima, J., Wendling, I., Reissmann, C. (2019). Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. *Ciência Florestal* 29(3):1199-1214. <https://doi.org/10.5902/1980509810843>
- Santin, D., Benedetti, E., Bastos, M., Kaseker, J., Reissmann, C., Brondani, G., Barros, N. (2013). Crescimento e nutrição de erva mate influenciados pela adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. *Ciência Florestal* 23(2):363-375.  
<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/9282/pdf>
- Santin, D., Benedetti, E., Félix de Barros, N., Fontes, L., Carvalho de Almeida, I., Neves J., Wendling, I. (2017). Manejo de colheita e adubação fosfatada na cultura da erva mate (*Ilex paraguariensis*) em fase de produção. *Ciência Florestal*. 27(3):783-797.  
<https://doi.org/10.5902/1980509828629>
- SBCS-NEP (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Estadual Paraná). (2017). Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 1ª Edição. Curitiba –PR. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Estadual Paraná. 2017. 482p.
- Skromeda, M.M. (2019). Evaluación de la brotación en yerba mate bajo distintos niveles nutricionales. Tesis (Maestría en Producción Vegetal). Universidad Nacional de Mar del Plata. 132 p.  
[https://www.academia.edu/90950654/Evaluaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_brotaci%C3%B3n\\_en\\_yerba\\_mate\\_bajo\\_distintos\\_niveles\\_nutricionales](https://www.academia.edu/90950654/Evaluaci%C3%B3n_de_la_brotaci%C3%B3n_en_yerba_mate_bajo_distintos_niveles_nutricionales)
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). Plant physiology. 5 ed. Sinauer associates.
- Tedesco, M.J., Gianello, C., Bissani, C.A., Bohnen, H, Volkweiss, S.J. (1995). Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995; 174 p.
- Tomasi, J.D., de Aguiar, N.S., Duarte, M.M., Gabira, M.M., Vieira, L.M., Pualetti, V., Francison, L., Yelmo, C.Y., Deschamps, C., Wendling, I. (2024). Fertirrigación nitrogenada y efectos del genotipo en la producción de hojas de yerba mate en un sistema semihidropónico. *J Soil Sci Plant Nutr* 24:914-921.  
<https://doi.org/10.1007/s42729-023-01595-8>
- Vera G, B. (2023). Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de yerba mate, año III. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. 50 p.
- Wendling, I.; Santin, D. (2015). *Propagação e nutrição de erva-mate*. Brasília, Brasil, EMBRAPA. 197p.  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1013131/1/EmbrapaFlorestas-2015-PropagacaoNutricaoErvaMate.pdf>
- Wolf, C.S. (2005). Estimativa da exportação de nutrientes foliares em diferentes tipos de poda na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Tesis (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil. 66 p.  
[http://www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2013/04/2005\\_05\\_31\\_wolf.pdf](http://www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2013/04/2005_05_31_wolf.pdf)