



Universidad Nacional del Nordeste



Facultad de Ciencias Agrarias

Trabajo final de graduación modalidad Tesina

Tema: Respuesta de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) al agregado de enmienda caliza.

Alumno: Bochert Denis Alfredo

Asesor: Ing. Agr. (Dr.) Luis Alberto Morales

Jurados: Ing. Agr. (Dra.) Gloria Martínez

Ing. Agr. (Mgter.) Ángela Burgos

Ing. Agr. . (Dra.) Carolina Fernández

2016

INDICE

<i>Introducción</i>	ii
<i>Antecedentes</i>	iv
<i>Objetivo</i>	vi
<i>Materiales y métodos:</i>	vii
<i>Resultados</i>	ix
<i>Conclusiones:</i>	xi
<i>Bibliografía</i>	xxi

Introducción

Argentina es la principal productora a nivel mundial de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), el cultivo se realiza en la región noreste del país en las provincias de Misiones y Corrientes donde se dan condiciones favorables para su crecimiento. Según el censo del Instituto nacional de Yerba Mate (INYM) realizado en el año 2008, Misiones cuenta con 179.126 ha y Corrientes, con 19.794 ha. El rendimiento promedio se encuentra para la zona noroeste de la provincia de Misiones en 4600 kg por hectárea.

Dentro de la zona yerbatera se realizan plantaciones de yerba mate principalmente en los denominados suelos rojos, de los órdenes Alfisoles, Oxisoles, y en menor medida en Entisoles (suelos toscosos).

Los Alfisoles poseen una buena fertilidad, por el contrario los Ultisoles y Oxisoles poseen una baja fertilidad, se consideran para este trabajo suelos de baja fertilidad a los que poseen concentraciones de nutrientes menores a los citados por Sosa (Sosa, 1994) (Nitrógeno > a 0.21%, P > a 8ppm, K > 0,26 meq/100gr, Mg > 1,35 meq/100gr, Ca 6,30 meq/100gr).

El material originario de estos suelos rojos está compuesto predominantemente por sedimentos de rocas básicas (basalto), sin embargo algunos de ellos tienen como material de origen sedimentos de roca ácida y sedimentaria (granito, arenisca y mezcla de ambas) (Cogo, 1988).

También se realizan plantaciones en los suelos denominados suelos toscosos, y en los Inceptisoles, aunque en menor proporción que los anteriores descriptos. Son suelos jóvenes, poco evolucionados, con gran cantidad de fragmentos de melafiro alterado en el perfil. Tienen una profundidad útil de 1 – 2 m, son ligeramente ácidos, permeables y con mayor contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio que en las tierras coloradas. (Cogo, 1988).

La zona de cultivo de la yerba mate no está exenta de problemas de erosión que derivan en pérdidas de suelo que son muy marcadas especialmente en yerbales sin la adecuada sistematización para evitar la erosión hídrica. La degradación de los suelos debido a la constante extracción de producto, ha ocasionado la pérdida de su fertilidad original. Esto unido a una falta de idiosincrasia por parte de los productores para la reposición de nutrientes y un bajo nivel de precios del producto durante el periodo 1995 al 2003 ha dejado los suelos en un estado de deterioro significativo y acarreado una disminución marcada de los rendimientos (Montechiesi, 2008).

La aplicación de enmiendas calizas en suelos de las regiones tropicales y subtropicales, con altos porcentajes de saturación de aluminio intercambiable, con el objeto de disminuir sus efectos tóxicos ha sido puesta de manifiesto para la obtención de altos rendimientos en la mayoría de los cultivos (Sánchez, 1981). La aplicación de estos conocimientos al cultivo de yerba podría tener la misma respuesta, por ello se propone como objetivo de este trabajo realizar experiencias de corto plazo a fin de obtener información de niveles de enmienda agrícola a aplicar para incrementar los rendimientos.

Antecedentes

El encalado de suelos data de épocas muy remotas, según la historia su uso ya se conocía 100 años antes de Cristo, desde ese tiempo se considera esencial para la agricultura en suelos ácidos (Fasbender, 1970).

Los suelos ácidos mayormente se forman en las zonas lluviosas del trópico y subtrópico del mundo debido a la pérdida de bases que sufren por lavado o lixiviación. Estas pérdidas provocan el reemplazo de las bases del complejo adsorbente Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na) por cationes como el Hidrógeno (H), Aluminio (Al), Hierro (Fe) y Manganeso (Mn) (Orsag, 2010).

Los suelos tropicales viejos Oxisoles y Ultisoles, según Orsag, (2010) son naturalmente ácidos. Presentan limitaciones para la producción agrícola debida principalmente a la toxicidad elevada del Al^{3+} y Mn^{2+} presentes en el complejo de cambio o en la solución del suelo (pH inferior a 4,5) y a la deficiencia de Ca y Mg.

El propósito del encalado es neutralizar la presencia del H en la solución del suelo o del Al y/o Mn que se encuentran en forma intercambiable o en la solución del suelo. El encalado con diferentes enmiendas provocan la precipitación del Al, situación que favorece el crecimiento de las raíces. En cultivos perennes con distancias de plantación amplias, la cal debe distribuirse en el área en donde se concentran las raíces (Molina, 2009).

La cal agrícola dolomítica contiene carbonatos de Ca y Mg, lo que la hace más atractiva que la cal calcítica debido a que la mayoría de los suelos ácidos son deficientes en Mg (Molina, 2009).

Los rendimientos promedio de los yerbales en la zona de Montecarlo son de 4.600 Kg por hectárea, y la mayoría de los yerbales son de superficie pequeña con una media de 5 hectáreas y 35000 kilos de yerba por productor (Saifert, 2013).

Objetivo

Determinar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de enmienda caliza granulada sobre el rendimiento de plantas de yerba mate (*Ilex paraguariensis St. Hil.*) ubicadas en el Dpto. Montecarlo, Provincia de Misiones, Argentina.

Materiales y métodos:

Ubicación del lote: El lote experimental se encuentra ubicado en la localidad de Montecarlo, departamento homónimo, provincia de Misiones, geográficamente ubicado en la latitud 26°32'47.25"S y longitud: 54°43'17.55"O.

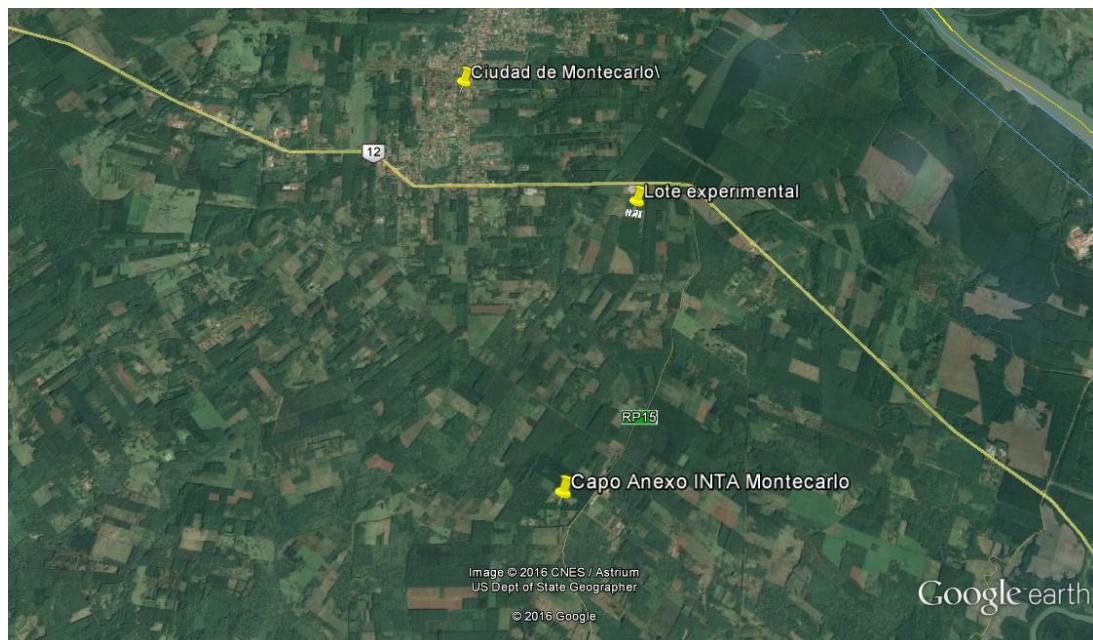


Figura 1: Ubicación del lote con respecto a la ciudad de Montecarlo.

El suelo del lote experimental es un Ultisol, perteneciente al sub grupo “kandiudultes rodico”, serie “Oro verde”, (Fuente geointa). La pendiente del lote experimental es del 4 %.

Las precipitaciones están en el orden de los 1920 mm anuales y la altura del lote es 222 m.s.n.m., con una temperatura media de 21.33°C. El yerbal utilizado para el ensayo cuenta con una densidad original de 1440 plantas por hectárea (2 metros entre plantas y 3.5 entre líneas) y 25 años de antigüedad. El rendimiento del lote se encontraba antes del ensayo en 3540 kg de yerba por hectárea. Cabe aclarar que se lo considera un yerbal de baja densidad (Giancola S, INYM).



Figura 2: Señalamiento de las parcelas con estacas y ubicación de los bloques dentro del lote.

Se establecieron 5 bloques y en cada bloque se sortearon los diferentes tratamientos en 5 parcelas (Tabla 1), las parcelas contaban con 40 plantas más un borde en donde se aplicó el tratamiento. Para marcar los lotes se utilizaron estacas pintadas con los números del mismo. (Figura 2)

- **Labores culturales:**

Para la preparación del lote al principio del ensayo, se realizó una pasada una rastra de discos, para la eliminación de las malezas, que eran principalmente gramíneas ya encañadas de difícil control con herbicidas o moto guadaña, el paso del implemento también ayudó a pulverizar el suelo aumentando la superficie de contacto entre la

enmienda utilizada y las partículas del suelo, se utilizó un subsolador para romper el piso de arado y facilitar la infiltración del agua, el subsolado se hizo siempre en una sola dirección para evitar la rotura de las raíces de la planta, y se eliminaron las malezas



Figura 3: Pasada de implemento y subsolador utilizado en el ensayo.

restantes, con una macheteada con moto guadaña. (Figura 3).

Durante la duración del ensayo se combatieron las malezas con una aplicación de glifosato en cobertura total, a razón de 3 litros por hectárea de glifosato, aplicados con equipo pulverizador manual y una macheteada con moto guadaña al final del ensayo antes de la toma de muestras. No se realizaron controles de plagas en el lote.

• **Aplicación de la enmienda:**

La aplicación de enmienda se inició el día 3 de enero del 2014, se utilizaron un total de 1500 kilos de enmienda, la aplicación se realizó con un recipiente aforado y a vuelo de copa y en bandas de ambos lados de la planta. La forma de aplicación se puede observar en la (Figura 4)



Figura 4: Aplicación en bandas de la enmienda y recipientes utilizados para la aplicación.

Se realizaron 5 tratamientos y los niveles de enmienda utilizados fueron 0, 150, 300, 450, 600 kg enmienda “dolomítica” ($Mg(CO_3)$) por hectárea. Y se los identificó como T0, T1, T2, T3, T4.

Distribución de los tratamientos dentro de los bloques					
Bloque	1	2	3	4	5
Parcela	T 3	T 0	T 1	T 4	T 2
	T 1	T 4	T 0	T 2	T 3
	T 0	T 2	T 4	T 3	T 1
	T 4	T 3	T 2	T 1	T 0
	T 2	T 1	T 3	T 0	T 4

Tabla 1: Distribución de los tratamientos dentro del lote:

Se utilizó un diseño en bloques al azar.

- **Cosecha de yerba mate:**

La cosecha se realizó en dos etapas, la primera una “viruteada” (ramas de un diámetro de hasta 8 mm. y de color verdes que se pueden arrancar con la mano y que al ser arrancadas no dejan heridas en las plantas), en la primera quincena de Marzo de 2014 y la segunda una bajada de bandera o “copa” (ramas de diámetro mayor a 25 mm con tijera y serruchos) en la segunda quincena de Agosto de 2014.



Figura 5: Cosecha de las plantas por parte de los operarios, clasificación de las hojas en ponchadas e instrumentos utilizados para el pesaje.

El sistema de corte utilizado fue el de rama madura dejando en la planta un 20 por ciento del follaje y 3 a 5 ramas cargadoras por planta. Se cosecharon las plantas de forma individual y en orden con cuidado de no mezclar las hojas de cada planta y se pesaron en forma individual con la utilización de un canasto y una balanza electrónica. (Figura 5) En total se pesaron 1000 plantas para todo el ensayo.

El análisis estadístico de los rendimientos de yerba mate se realizó mediante el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 5 por ciento. Se utilizó el software InfoStat para llevar a cabo el análisis.

Resultados:

En la Tabla 2 se puede observar los rendimientos promedio de yerba mate por planta en cada parcela.

Tabla 2: Rendimiento en g de yerba por planta promedio por parcela:

Bloque	Parcela	Tratamiento	Gramos viruta	Gramos compa	Gramos Total
1	1	450	1835,05	2251,75	4086,8
	2	150	1223,775	2151,925	3375,7
	3	0	491,35	1641,75	2133,1
	4	600	1003,85	2968,65	3972,5
	5	300	1308,75	3097,25	4406
2	1	0	1657,75	1986,775	3644,525
	2	600	1578,4	1829,525	3407,925
	3	300	908,525	2471,8	3380,325
	4	450	826,725	2173,125	2999,85
	5	150	1075,35	2960,65	4036
3	1	150	791,525	2684	3475,525
	2	0	1342,3	1702,35	3044,65
	3	600	548,05	1944,625	2492,675
	4	300	1281	2962,15	4243,15
	5	450	1547,85	2819,775	4367,625
4	1	600	1915,225	2242,45	4157,675
	2	300	1860,25	2325,475	4185,725
	3	450	1578,4	1829,525	3407,925
	4	150	899,3	2277,525	3176,825
	5	0	1282,5	2938,375	4220,875
5	1	300	904,175	2908,7	3812,875
	2	450	1716,1	2797,25	4513,35
	3	150	772,6	2326,325	3098,925
	4	0	1415,375	3292,6	4707,975
	5	600	965,25	2168,85	3134,1

- **Viruta:**

El análisis de varianza entre tratamientos muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos para la variable viruta (Tabla 3). La prueba de Duncan destaca el tratamiento 3 como el de mayor significancia respecto a los demás con una

media 1,811 kg por planta seguidos del tratamiento 4 (T4) con 1,623 kg por planta. (Tabla 4).

Tabla 3 y 4: Gramos de viruta: Análisis de varianza rendimientos de viruta de yerba mate en g de yerba mate para los diferentes tratamientos. Y Test de Duncan.

Fuentes	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Bloque	4	77860092.40	19465023.10	28.97	<.0001
DOL	4	14394447.23	3598611.81	5.36	0.0003
Error	795	534137257.1	671870.8		
Total Corregido	803	626391796.8			
Agrupación Duncan		Media	N	DOL	
	A	1811.05	162		T3 = 450
	B	1623.55	162		T4 = 600
C	B	1604.57	162		T1 = 150
C	B	1477.56	157		T2 = 300
C		1427.01	161		T0 = 0

Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes para un $\alpha \geq 0.05$.

○ **Copa:**

Con respecto a la variable copa existen diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 5). La prueba de Duncan destaca al tratamiento 4 (T4) por encima del resto de los tratamientos con una media de 3,257 kg por planta. (Tabla 6)

Tabla 5 y 6: Gramos de copa: Análisis de varianza rendimientos de copa en g de yerba mate para los diferentes tratamientos. Y test de Duncan.

Fuentes	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Bloque	4	39046688.74	9761672.19	3.65	0.0059
DOL	4	32093759.02	8023439.75	3.00	0.0180
Error	801	2143175740	2675625		
Total Corregido	809	2214316188			
Agrupación Duncan		Media	N	DOL	
	A	3257.9	162		T4 = 600
B	A	2946.5	162		T2 = 300
B		2852.1	162		T3 = 450
B		2775.0	162		T1 = 150
B		2676.6	162		T0 = 0

Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes para un $\alpha \geq 0.05$.

- **Totales:**

Con respecto a los totales de yerba mate se puede apreciar en el cuadro de Duncan (Tabla 8) que el tratamiento 4 (T4) fue superior al resto con una media de 4,881 kg por planta, seguido del tratamiento 3 (T3) que presentó 4,663 kg por planta. Los tratamientos T3, T2 y T1 no fueron significativamente diferentes entre sí, con medias de 4,663 kg, 4,379 kg y 4,378 kg por planta respectivamente. El testigo presentó una media de 4,094 kg por planta.

Tabla 7 y 8: Gramos totales por planta: Análisis de varianza rendimientos totales en g de yerba mate para los diferentes tratamientos. Y test de Duncan.

Fuentes	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Bloque	4	130795030.8	32698757.7	8.27	<.0001
DOL	4	58892966.5	14723241.6	3.73	0.0052
Error	801	3165705291	3952191		
Total Corregido	809	3355393288			
Agrupación Duncan		Media	N	DOL	
	A	4881.5	162	T4 = 600	
B	A	4663.2	162	T3 = 450	
B	C	4379.6	162	T1 = 150	
B	C	4378.5	162	T2 = 300	
	C	4094.8	162	T0 = 0	

Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes para un $\alpha \geq 0.05$.

De lo expuesto, se puede apreciar que el tratamiento con mayores dosis de enmienda (T4) fueron significativamente mejor al testigo aumentando este los rendimientos promedio de las parcelas en un 21 % para la viruta, 17 % para la copa y un 16 % para el total de yerba mate cosecha.

La mayor proporción del aumento de la viruta con respecto a la copa se puede explicar en que esta se genera mayoritariamente en el periodo verano, coincidiendo con la aplicación de la enmienda en el ensayo. Con respecto a la copa esta

ya estaba casi formada al momento de aplicación de la enmienda haciendo que los incrementos del rendimiento en esta sean de menor cuantía que en la viruta.

Conclusiones:

- Los tratamientos con mayores dosis de enmienda (T4 y T3) fueron los que presentaron los mayores rendimientos tanto para la variable “viruta” como las variables “copa” y “Total”.
- Llevando resultados a obtenidos por planta a kg por hectárea tenemos que, para la densidad con la que cuenta el lote experimental (1.440 plantas por hectárea), que los tratamientos T4 y T3 presentan incrementos para la variable “Total” de 1.132 kg por hectárea para el tratamiento 4 y de 819 kg para el tratamiento 3.
- Los incrementos para las variables “Viruta”, “Copa” y “Total” observados en el ensayo (del 21%, 17% y 16% respectivamente) con respecto al testigo, son interesantes llevados a yerbales de alta densidad (más 3.500 por hectárea) donde el testigo tendría 14.331 kg por hectárea el testigo y el tratamiento T4 17.085 kg por hectárea lo que representaría incrementos de 2.754 kg por hectárea.
- Los incrementos observados en la aplicación de enmienda fueron mayores en proporción (21% contra 17% y 16%) para la variable viruta que para el resto de las variables (“copa” y “Total”) de lo que se concluye que las fertilizaciones en periodo estival favorecen a la producción de viruta por sobre la de copa.

Bibliografía

- COGO, N. P. 1988.** Manejo y Control de la erosión en Suelos Rojos. Actas XII Congreso Argentino de la ciencia del suelo. p. 93- 97.
- DEWIS, J. F. FREITAS. 1970.** Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y agua. Boletín sobre suelos N°10 FAO. Roma p. 36-57.
- FASBENDER, H. W. 1970.** Revisión bibliográfica de sobre la química del suelo, OEA. 399 p.
- GINCOLA, S.I** [et al.].2014 Causas que afectan la adopción de nueva tecnología por parte de los productores yerbateros de la provincia de Misiones. 72 p Buenos Aires Ediciones INTA
- INTA:** <http://geointa.inta.gov.ar/web/>
- JACKSON, M.L. 1970.** Análisis Químico de Suelos. 662 p. Ed. Omega S.A., Barcelona, España
- MONTECHIESI, R. 2008. YERBA MATE.** Cambios en la producción, no en la actividad. INYM. Posadas Misiones. 62p.
http://www.molinerosdeyerba.com.ar/yerbamate_Montechiesi.pdf
- MOLINA, E. 2009.** Fertilidad de suelos y manejo de nutrición de cultivos. p. 30-45
- NELSON, D.W. AND L.E. SOMMERS. 1996.** Total carbon, organic carbon and organic matter p. 961-1010. In J.M. Bingham (Ed.). Methods of soil analysis Part 3. Chemical Methods. ASA and SSSA, Madison, WI.
- ORSAG, V. 2010.** El recurso suelo principios para su manejo y conservación, p. 300 - 333.
- SÁNCHEZ, P. A. 1981.** Suelos del Trópico. Características y Manejo. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura. San Jose, Costa rica. p. 643.

Saifert, M., 2013 Censo yerbatero Cooperativa Agrícola Mixta de Montecarlo Limitada, Imprenta HB, 45p.

SOSA, D. A. 1994. Fertilización química. Abonos. Requerimientos Nutricionales. Segundo curso de capacitación en producción de Yerba Mate. INTA E.E.A. Cerro Azul Misiones. p. 68 – 85.