

**FERTILIZACIÓN NITROGENADA, ORGÁNICA Y ÓRGANO MINERAL
EN MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

VICTOR ANTONIO RAMIREZ PERALTA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de
Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial
San Lorenzo, Paraguay

2016

**FERTILIZACIÓN NITROGENADA, ORGÁNICA Y ÓRGANO MINERAL
EN MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

VICTOR ANTONIO RAMIREZ PERALTA

Orientadora: **Prof. Ing. Agr. (M. Sc) MARÍA DEL PILAR GALEANO S.**

Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. CÉSAR A. CABALLERO MENDOZA**

Co-Orientador: **Prof. Dr. Ing. Agr. CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial
San Lorenzo, Paraguay

2016

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica

**FERTILIZACIÓN NITROGENADA, ORGÁNICA Y ÓRGANO MINERAL
EN MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

Esta tesis fue aprobada por la mesa examinadora como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA.

Autor: **Victor Antonio Ramirez Peralta**

Orientadora: Prof. Ing. Agr. M. Sc. María del Pilar Galeano S.

Miembros de la mesa examinadora de tesis:

Prof. Ing. Agr. M. Sc. María del Pilar Galeano S.

Prof. Dr. Ing. Agr. Carlos A. Leguizamón Rojas

Prof. Ing. Agr. César A. Caballero Mendoza

San Lorenzo, 7 de diciembre de 2016

Dedico a mis Padres
Antonio Ramirez y Lourdes Peralta

AGRADECIMIENTOS

A Jesús Misericordioso por iluminarme y guiarme en mis estudios.

A mis padres por darme amor, confianza y apoyarme en todo.

A la Prof. Ing. Agr. (M. Sc) María del Pilar Galeano Samaniego, por la disponibilidad, paciencia y ayuda brindada durante todo el proceso de investigación como orientadora.

Al Prof. Dr. Ing. Agr. Carlos A. Leguizamón Rojas, por orientarme para la elaboración de este trabajo, su apoyo y exigencia fueron de gran valor como co-orientador

Al Prof. Ing. Agr. César A. Caballero Mendoza, por toda la ayuda brindada, durante todo el trabajo como co-orientador.

Al área de Suelos y Ordenamiento Territorial, sus docentes y funcionarios, por la atención recibida durante la realización del trabajo.

Al Sr. Pedro Sanabria por ceder su finca para la instalación del experimento.

Al CONACYT por financiar parte del trabajo en el Marco del Proyecto denominado “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”.

A todos mis compañeros y compañeras por el tiempo y experiencias compartidas durante los años de formación profesional.

A todas aquellas personas cuyas participación, directa e indirectamente me ayudaron a lo largo de la carrera para la culminación de la misma.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA, ORGÁNICA Y ÓRGANO MINERAL EN MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

Autor: VICTOR ANTONIO RAMIREZ PERALTA

Orientadora: Prof. Ing. Agr. (M.Sc) MARÍA DEL PILAR GALEANO SAMANIEGO

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. CÉSAR ARNALDO CABALLERO MENDOZA

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. Dr. CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS

RESUMEN

La mandioca responde a la fertilización química y orgánica y para obtener altos rendimientos es necesaria una fertilización adecuada y eficiente. El objetivo fue evaluar la aplicación de fertilizante nitrogenado, orgánico y órgano mineral en el rendimiento y la calidad de la mandioca, variedad Tacuara Pytâ. El experimento fue realizado en el Departamento de Caaguazú, Distrito de Caaguazú, durante el periodo comprendido entre los meses de agosto de 2015 a julio del 2016. El diseño experimental utilizado fue de parcelas subdividas, siendo colocadas las dosis de estiércol bovino en las parcelas principales y dosis de nitrógeno en las subparcelas. Las dosis de estiércol bovino evaluadas fueron tres (0, 15, 30 t ha⁻¹), la dosis de nitrógeno fueron cinco (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹). A partir de la combinación de los factores estudiados (Estiércol y Nitrógeno) se evaluaron quince tratamientos, con cuatro repeticiones, totalizando sesenta unidades experimentales. Cada unidad experimental con una superficie de 15 m², con un total de área experimental de 900 m². Las variables evaluadas fueron altura de plantas, número de raíces comerciales, no comerciales y número total de raíces por planta, diámetro de raíces, longitud de raíces, rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y rendimiento total de raíces, contenido de materia seca y almidón y las características químicas del suelo. Los datos fueron analizados estadísticamente y sometidos a la prueba de comparación de medias con el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error. No hubo interacción entre las dosis de N y estiércol bovino para las variables estudiadas. La aplicación de estiércol bovino con 30 t ha⁻¹ tuvo un promedio en el rendimiento total de raíces por planta de 54.700 kg ha⁻¹, mientras tanto que en el testigo un promedio de 40.802 kg ha⁻¹. La aplicación de Nitrógeno influyó en el mayor desarrollo en altura de plantas con un promedio de 1,75m y número total de raíces con promedio de 6,14 raíces por planta, obteniéndose mayor número total de raíces con 120 kg ha⁻¹ de N. La aplicación de Nitrógeno incrementa el desarrollo en altura de plantas y número total de raíces. La adición de estiércol bovino, promueven el incremento de la altura de plantas, número de raíces comerciales, no comerciales y número total de raíces por planta, así también el diámetro de raíces comerciales, no comerciales, longitud de raíces comerciales, rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y rendimiento total de raíces. No hubo respuestas significativas a la aplicación de estiércol bovino sobre el pH, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio y potasio.

PALABRAS-CLAVE: Nitrógeno, estiércol, fertilización, mandioca

ADUBAÇÃO NITROGENADA, ORGÂNICA E ORGANOMINERAL NA CULTURA DA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

Autor: VICTOR ANTONIO RAMIREZ PERALTA

Conselheiro: Prof. Ing. Agr. (M.Sc) MARÍA DEL PILAR GALEANO SAMANIEGO

Co- Conselheiro: Prof. Ing. Agr. CÉSAR ARNALDO CABALLERO MENDOZA

Co- Conselheiro: Prof. Ing. Agr. Dr. CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS

RESUMO

A mandioca responde à adubação química e orgânica e obter rendimentos elevados é necessária fecundação adequada e eficiente. O objetivo foi avaliar a aplicação de fertilizantes de nitrogênio, orgânica e mineral do corpo no desempenho e qualidade da mandioca, variedade Tacuara Pytã. O experimento foi realizado no Departamento de Caaguazú, Distrito de Caaguazú, durante o período compreendido entre os meses de Agosto de 2015 a julho de 2016. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, sendo colocado a dose de esterco de gado na parcela principal e dose de azoto nas subparcelas. A dose de esterco de gado foram avaliados três (0, 15, 30 t ha⁻¹), a dose de nitrogênio foram cinco (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹). A partir da combinação dos fatores estudados (estrupe e nitrogênio) é avaliada quinze tratamentos, com quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Cada unidade experimental com uma superfície de 15 m², com um total de área experimental de 900 m². As variáveis avaliadas foram altura de planta, o número de raízes comercial e não comercial e número total de raízes por planta, diâmetro de raízes, comprimento de raízes, desempenho de raízes comercial e não comercial e produtividade total de raízes, o teor de matéria seca e de amido e características químicas do solo. Os dados foram analisados estatisticamente e submetidos ao teste de comparação de médias com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Não houve interação entre as doses de N e de gado de estrume para as variáveis estudadas. A aplicação de estrume do gado com 30 t ha⁻¹ tiveram uma média no desempenho total de raízes por planta de 54.700 kg ha⁻¹, enquanto que na testemunha uma média de 40.802 kg ha⁻¹. A aplicação de azoto influenciou o desenvolvimento da altura de plantas com média de 1,75m e número total de raízes com média de 6.14 raízes por planta, obtendo maior número total de raízes com 120 kg ha⁻¹ de N. A aplicação de azoto aumenta o desenvolvimento em altura da planta e o número total de raízes. A adição de estrume do gado, promover o aumento da altura de plantas, o número de raízes comercial e não comercial e número total de raízes por planta, assim também o diâmetro de raízes comerciais e não-comercial, comprimento de raízes comerciais, desempenho de raízes comercial e não comercial e produtividade total de raízes. Não houve respostas significativas para a aplicação de estrume do gado sobre o pH, matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e potássio.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrogênio, estercol, fertilização, mandioca

NITROGEN FERTILISATION, ORGANIC AND MINERAL-ORGANIC IN CASSAVA CROP (*Manihot esculenta* Crantz)

Author: VICTOR ANTONIO RAMIREZ PERALTA

Advisor: **Prof. Ing. Agr. (M.Sc)** MARÍA DEL PILAR GALEANO SAMANIEGO

Co-Advisor: **Prof. Ing. Agr.** CÉSAR ARNALDO CABALLERO MENDOZA

Co-Adisor: **Prof. Ing. Agr. Dr.** CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS

SUMMARY

The manioc responds to the chemical and organic fertilization and to obtain high yields is required adequate fertilization and efficient. The objective was to evaluate the application of nitrogen fertilizer, organic and mineral body in the performance and quality of the manioc, variety Tacuara Pytâ. The experiment was carried out in the department of Caaguazú, District of Caaguazú, during the period between the months of August 2015 to July 2016. The experimental design used was subdivided plots, being placed the dose of cattle dung in the main plots and dose of nitrogen in the subplots. The dose of cattle dung evaluated were three (0, 15, 30 t ha⁻¹), the dose of nitrogen were five (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹). From the combination of the factors studied (manure and nitrogen) is evaluated fifteen treatments, with four repetitions, totaling 60 experimental units. Each experimental unit with a surface of 15 m², with a total of experimental area of 900 m². The variables evaluated were plant height, the number of roots commercial, non-commercial and total number of roots per plant, diameter of roots, length of roots, performance of roots commercial, non-commercial and total yield of roots, dry matter content and starch and the chemical characteristics of the soil. The data were statistically analyzed and subjected to the test of comparison of means with the Tukey test to 5 % of probability of error. There was no interaction between doses of N and cattle dung for the studied variables. The application of cattle dung with 30 t ha⁻¹ had an average in the total performance of roots per plant of 54.700 kg ha⁻¹, meanwhile that in the witness an average of 40.802 kg ha⁻¹. The application of nitrogen influenced the further development in plant height with an average of 1.75m and total number of roots with average of 6.14 roots per plant, obtaining greater total number of roots with 120 kg ha⁻¹ of N. Nitrogen application increases the development in plant height and total number of roots. The addition of cattle dung, promote the increase of the height of plants, the number of roots commercial, non-commercial and total number of roots per plant, so also the diameter of roots commercial, non-commercial, length of commercial roots, performance of roots commercial, non-commercial and total yield of roots. There was no significant responses to the implementation of cattle dung on pH, organic matter, phosphorus, calcium, magnesium and potassium.

KEY-WORD: Nitrogen, manure, fertilisation, cassava

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 La mandioca.....	3
2.2 Destino y uso de la mandioca.....	4
2.3 Producción mundial y nacional.....	4
2.4 Requerimientos edafoclimáticos.....	5
2.5 Manejo del cultivo.....	6
2.6 Fertilización.....	6
2.7 Fertilización orgánica.....	6
2.7.1 Estiércol bovino.....	7
2.8 Fertilización nitrogenada.....	9
2.8.1 Nitrógeno.....	9
2.9 Fertilización órgano mineral.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Localización y caracterización del área del experimento.....	13
3.2 Diseño experimental y tratamientos.....	14
3.3 Recursos materiales y equipos técnicos.....	16
3.3.1 Material biológico.....	16
3.3.2 Materiales de campo.....	16
3.3.3 Material químico y orgánico y órgano mineral.....	16
3.4 Implantación y manejo del experimento.....	16
3.4.1 Muestreo y análisis del suelo.....	16
3.4.2 Preparación del terreno.....	17
3.4.3 Aplicación de estiércol bovino.....	17
3.4.4 Plantación.....	17
3.4.5 Aplicación de fertilizantes.....	17
3.4.6 Control de malezas.....	18
3.4.7 Cosecha.....	18

TABLA DE CONTENIDO (CONTINUACIÓN)

	Página
3.5 Variables analizadas.....	18
3.6 Métodos de control de calidad de datos.....	20
3.7 Análisis de datos.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Alturas de plantas.....	21
4.2 Diámetro de raíces comerciales y no comerciales.....	22
4.3 Longitud de raíces comerciales y no comerciales.....	23
4.4 Número total de raíces, número de raíces comerciales y no comerciales por planta.....	25
4.5 Rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y totales.....	27
4.6 Contenido de materia seca y almidón.....	31
4.7 Características químicas del suelo.....	32
5. CONCLUSIÓN.....	34
6. REFERENCIAS.....	35
ANEXOS.....	41

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Resultado del análisis inicial de suelo realizado por el Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias, Sede San Lorenzo. San Lorenzo, 2015.....	13
2. Dosis de Estiércol bovino y de Nitrógeno aplicados	14
3. Altura de plantas en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	21
4. Diámetro comercial y no comercial en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	22
5. Longitud comercial y no comercial en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	24
6. Número total de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	25
7. Número raíces comerciales y no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	26
8. Rendimiento de raíces comerciales y no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	28
9. Rendimiento total de raíces de mandioca en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	29
10. Contenido de materia seca y almidón de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, 2016.....	31
11. pH, Materia Orgánica, Fósforo, Calcio, Magnesio y Potasio en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino. Caaguazú, 2016....	32

LISTA DE ANEXOS

	Página
A1. Resumen del análisis de varianza respecto a la altura de plantas en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	42
A2. Altura de plantas en función a la aplicación de dosis de N. Caaguazú, Paraguay 2016.....	42
A3. Altura de plantas en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	42
A4. Resumen del análisis de varianza respecto al diámetro comercial y en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	43
A5. Resumen del análisis de varianza respecto al diámetro no comercial en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	43
A6. Resumen del análisis de varianza respecto a la longitud de raíces comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	43
A7. Resumen del análisis de varianza respecto a la longitud de raíces no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	44
A8. Resumen del análisis de varianza respecto al número total de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	44
A9. Resumen del análisis de varianza respecto al número de raíces comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	44
A10. Resumen del análisis de varianza respecto al número de raíces no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	45
A11. Resumen del análisis de varianza respecto al rendimiento de raíces comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	45
A12. Resumen del análisis de varianza respecto al rendimiento de raíces no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	45

LISTA DE ANEXOS (COTINUACIÓN)

	Página
A13. Resumen del análisis de varianza respecto al rendimiento total de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	46
A14. Resumen del análisis de varianza respecto al contenido de almidón en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	46
A15. Resumen del análisis de varianza respecto al contenido de materia seca en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.	46
A16. Resumen del análisis de varianza respecto al pH del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.	47
A17. Resumen del análisis de varianza respecto al M.O.(%) del análisis desuelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	47
A18. Resumen del análisis de varianza respecto al Fósforo (mg kg^{-1}) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	47
A19. Resumen del análisis de varianza respecto al Calcio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	48
A20. Resumen del análisis de varianza respecto al Magnesio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	48
A21. Resumen del análisis de varianza respecto Potasio al ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.....	48
A22. Datos de precipitación (mm) desde agosto de 2015 a julio de 2016 en relación a un promedio histórico del año 2005-2014.....	49
A23. Tabla de conversión del porcentaje de materia seca y almidón de la mandioca.	50
A24. Resultados de las variables estudiadas por tratamientos en campo.....	51
A25. Resultados de análisis de suelos antes de la preparación del terreno.....	53

LISTA DE ANEXOS (CONTINUACIÓN)

	Página
A26. Resultado de análisis de suelo posterior a la cosecha de mandioca, en función a las enmiendas, en la camada de 0-15 cm.	54
A27. Preparación de la parcela para la plantación de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.	55
A28. Delimitación de la parcela para la plantación de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.	55
A29. Plantación de rama semilla de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.	56
A30. Fertilización con estiércol bovino al boleó. Caaguazú, Paraguay 2016.	56
A31. Cosecha de raíces de la mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.	57
A32. Medición de raíces no comerciales de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.	57

1. INTRODUCCIÓN

La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), es un rubro agrícola, considerada como componente importante en la dieta de la población paraguaya, llegando el consumo per cápita por día en las zonas rurales de 1.150 gramos por persona y de 350 gramos por persona en las zonas urbanas.

Según MAG (2016), el cultivo de mandioca es el principal cultivo de las pequeñas y medianas explotaciones agrícolas en el país y en el 2014 alcanzó una producción de 3.060.000 t, con un rendimiento promedio de 17.000 kg ha⁻¹, en una superficie de siembra de 180.000 ha.

La mandioca es un cultivo que responde muy bien a la fertilización química y orgánica, sin embargo, uno de los principales problemas para la producción de este rubro es la falta de una fertilización adecuada y eficiente, por lo que se obtienen bajos rendimientos

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado, orgánico y órgano mineral en el rendimiento y la calidad de la mandioca, variedad Tacuara Pyta.

Los objetivos específicos fueron: determinar altura de plantas, número de raíces comerciales, no comerciales y número total de raíces por planta, diámetro de raíces, longitud de raíces, rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y rendimiento total de raíces, contenido de materia seca y almidón y las características químicas del suelo.

En el experimento se plantearon las hipótesis de que con la aplicación de estiércol bovino aumentará el rendimiento de la mandioca y mejorará las características químicas del suelo. Por otro lado, la aplicación de N incrementará el rendimiento de la mandioca hasta una determinada dosis, a partir de la cual tendrá un efecto negativo. El requerimiento de fertilizante nitrogenado para alcanzar un máximo rendimiento será menor cuando aplicado conjuntamente con el estiércol bovino.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La mandioca

La mandioca es el rubro agrícola tradicional y representativo de la agricultura paraguaya. La raíz cocinada de la mandioca es el alimento básico de la población rural principalmente, y tiene gran popularidad entre la urbana, con un consumo “per cápita” de 180 Kg año⁻¹ a nivel urbano duplicándose esta cantidad en la población rural (Villar 2004).

Es una especie de origen americano, que se ha extendido en una amplia área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el Noroeste de Brasil, Argentina y Paraguay (Torres et al. 2001). Pertenece al Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Euphorbiales, Familia: Euphorbiaceae, Genero: *Manihot*, Especie: *esculenta* (CIAT 2000).

El género *Manihot*, tiene alrededor de 180 especies, conformadas de arbustos y distribuidos en América desde Arizona hasta Argentina (Cruz 2002). Se han descrito alrededor de 98 especies asignadas a este género, de las que solo la mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tiene relevancia económica, por su mayor cualidad culinaria y es destinada a la explotación industrial (CIAT 2000).

La mandioca es una planta de ramificaciones simpodiales y porte arbustivo. Según la variedad y las condiciones ecológicas, su altura varía de 1 a 5 metros, siendo más común encontrar plantas entre 1 y 3 metros (Casaca 2005).

2.2 Destino y uso de la mandioca

Es habitualmente utilizada como componente en tres destacados segmentos industriales: alimenticio, químico y papelerero (USAID 2010).

Las raíces de mandioca constituyen una fuente básica de la alimentación humana y son usadas en muy variadas formas, cocidas en agua, horneadas, fritas o como pastas o harinas. Sin embargo, en la alimentación animal, son usadas en forma fresca, deshidratadas y/o ensiladas. Además de estos productos primarios de la mandioca, existen otros derivados que son utilizados como alimento para animales, principalmente los subproductos de la industria (INTA 2008).

En la industria papelerera, sirve además como blanqueador del papel, ya que es mejorador de textura y resistencia. Es utilizada además como aglomerante de bras de celulosa en la fabricación del papel y del cartón ondulado, así como en la fabricación de briquetas de carbón y espirales mata-mosquitos, dada su característica de combustión óptima (López 2011). En la Química Fina se utiliza para la obtención de sorbitol, manitol, dextrosa y otros (USAID 2010).

2.3 Producción mundial y nacional

De acuerdo a FAO (2010) la producción mundial de la mandioca estimada en el año 2008 fue de 195.574.112 toneladas cultivadas en un área de 17.870.626 ha y con un rendimiento promedio de 10,94 t ha⁻¹.

La mandioca es un cultivo de gran importancia económica y social en el Paraguay. Ocupa el tercer lugar con relación a la superficie total de área cultivada del país después de la soja y el maíz y el primer lugar en volumen de producción y como principal cultivo de las pequeñas y medianas explotaciones agrícolas (MAG 2016).

Según los mismos autores, los principales departamentos de producción en el país son: Caaguazú con una superficie cultivada de 55.000 ha, y rendimiento promedio de 17.125 kg ha⁻¹; así también San Pedro con 48.000 ha, con un rendimiento promedio de 16.564 kg ha⁻¹ y Canindeyú con 43.000 ha, con un rendimiento de 16.227 kg ha⁻¹. La superficie total cultivada en el Paraguay en el año 2008 fue de 300.000 ha, con un promedio de 16 t ha⁻¹ (DGEEC 2015).

2.4 Requerimientos edafoclimáticos

Como el principal producto de la mandioca son las raíces, necesita suelos sueltos, siendo ideales los suelos de textura media, por posibilitar el fácil crecimiento de las raíces, por el buen drenaje y por la facilidad de la cosecha. Los suelos arcillosos deben ser evitados, pues son más compactos, dificultando el crecimiento de las raíces, presentan mayores riesgos de encharcamiento y de pudrición de raíces (Cuña y Florentino 2003).

El pH favorable para la producción de mandioca oscilan entre 5,5 y 7, siendo 6,5 el ideal, sin embargo, es menos afectada por la acidez del suelo que otros cultivos. Con relación a la topografía, se debe buscar terrenos planos o levemente ondulados con declividad de hasta 5%, pudiendo alcanzar hasta 10% (Silva et al. 2010).

La mandioca es cultivada en regiones de clima tropical y subtropical, con precipitaciones pluviométricas variables de 600 a 1200 mm de lluvias bien distribuidas y una temperatura media de 25° C (Andrade y Siqueira 2000).

Temperaturas inferiores a 15 ° C perjudican el desarrollo vegetativo de la planta. Puede ser cultivada entre los 30 ° de latitud Norte y Sur, sin embargo su concentración de siembra está entre las latitudes 15 N y 15 S (Cuña y Florentino 2003).

Es bien tolerante a la sequía y posee amplia adaptación a las más variadas condiciones de clima y suelo. Los suelos más recomendados son los profundos con textura media y de buen drenaje, debiéndose evitar suelos muy arenosos (Andrade y Siqueira 2000).

2.5 Manejo del cultivo

La plantación de la mandioca se puede realizar desde el mes de julio hasta octubre, siendo la mejor época, desde la segunda quincena de agosto hasta la primera quincena de septiembre. Es recomendable realizar el trabajo de plantación una vez terminadas las heladas, y donde comienza a aumentar la temperatura entre 28°C a 30°C para favorecer la brotación de las yemas (Caballero 2006).

2.6 Fertilización

La mandioca es cultivada generalmente en suelos marginales, siendo escaso o nulo el empleo de tecnologías o prácticas agronómicas adecuadas, como por ejemplo el uso de fertilización química (Cadavid 2008). Sin embargo, para obtener buenos rendimientos y una producción rentable es necesario realizar una fertilización adecuada, sobre todo en suelos que han sido cultivados varios años con mandioca (Howeler 2002).

La fertilización en el cultivo de la mandioca ha sido objeto de varios estudios en el cual se encontraron resultados diversos y con mucha variabilidad, llegando a la conclusión de que no existe una técnica única, sino más bien diferentes técnicas de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas y de la región (Cenoz et al. 2000).

2.7 Fertilización orgánica

Los fertilizantes orgánicos presentan beneficios en las propiedades físicas como químicas. Entre los beneficios que se obtienen en las propiedades químicas son

la elevación del pH, con el consiguiente aumento de la capacidad de intercambio catiónico, y la liberación de nutrientes (Menezes y silva 2008).

En cuanto a las propiedades físicas los fertilizantes orgánicos mejoran la estructura del suelo; promueven la agregación de las partículas; reducen la densidad del suelo y aumentan su porosidad; promueven a una mayor capacidad de retención de agua en el suelo y una mayor aireación (Nyamangara et al. 2001)

Los elementos presentes en los fertilizantes orgánicos no están disponibles a las plantas en el momento de la aplicación, sino más bien a lo largo del ciclo del cultivo. Los nutrientes son liberados con la descomposición del material orgánico, que resulta en menor pérdida de nutrientes por lixiviación o volatilización (Fernandes et al. 2009).

La descomposición de la materia orgánica es promovida por la biomasa microbiana del suelo, la cual es responsable de su mineralización, pudiendo tener un efecto inmediato o residual (Rodríguez et al. 2008).

2.7.1 Estiércol bovino

El estiércol está constituido por excrementos sólidos y líquidos de los animales, es abundante en nutrientes y materia orgánica. La cantidad de nutrientes presentes en el estiércol depende de la edad, la alimentación y la clase de animales (Sánchez 2008).

Contiene todos los elementos esenciales para las plantas, aunque sus proporciones relativas difieren de las cantidades relativas necesarias de los cultivos (IPNI 2013).

La utilización del estiércol es una solución ampliamente adoptada para el suplemento de nutrientes, tales como N, P y K en los suelos (Menezes y Silva 2008).

El aumento de productividad en los cultivos, en función de la adición de estiércol al suelo, es con frecuencia relacionado a las mejoras en las propiedades químicas y físicas de este recurso. Dentro de los beneficios promovidos en las propiedades químicas, la adición de fertilizantes orgánicos pueden mejorar la fertilidad del suelo por la elevación del pH y consecuentemente aumento en la capacidad de cambio catiónico por la liberación de nutrientes (Menezes y Silva 2008).

El contenido medio de los principales nutrientes del estiércol bovino medido en kg por cada tonelada de estiércol son los siguientes; N: 3,4; P₂O₅: 1,3; K₂O: 3,5 (Sánchez 2008).

Los abonos animales varían enormemente en su composición química y física debido a la alimentación específica del ganado, y a las prácticas de manejo del estiércol (IPNI 2013).

La cantidad de potasio y fósforo presente en el estiércol son asimilados eficazmente por las plantas, mientras que el nitrógeno no se incorpora efectivamente, puesto que solo una fracción es soluble (Sánchez 2008).

USAID (2010), recomienda la aplicación de 20 t ha⁻¹ de estiércol bovino en suelos degradados para el cultivo de mandioca. Del mismo modo CODIPSA (2010), obtuvo buenos resultados con el estiércol bovino a razón de 20 t ha⁻¹ distribuidos e incorporados con suficiente antelación a la plantación.

Souto et al. (2005), en un estudio de velocidad de descomposición de los estiércoles caprinos, ovinos, bovinos y asninos, concluyeron que el estiércol bovino presenta una descomposición más acelerada en relación a los demás, sin embargo el estiércol asnino mostro la menor tasa descomposición.

Debida su reducida disponibilidad en las propiedades, los agricultores en general necesitan comprarlo de las regiones vecinas, lo que eleva los costos de

producción. Algunos todavía venden el estiércol producido en la propiedad como renta extra (Menezes y Sampaio 2002).

2.8 Fertilización nitrogenada

La fertilización química tiene como objetivo mantener el suelo con un contenido adecuado de elementos minerales, en condiciones de asimilabilidad para que la planta pueda absorberlo en el momento preciso y en las condiciones necesarias. La nutrición mineral de las plantas determina en gran parte la estructura histológica o morfológica, la intensidad de las actividades fisiológicas y diversos otros procesos del vegetal (Arévalos 2009).

2.8.1 Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento que las plantas necesitan en mayor cantidad. Sin embargo, debido a la multiplicidad de reacciones químicas y biológicas, a la dependencia de las condiciones ambientales y su efecto en el rendimiento de los cultivos, el N presenta mayores dificultades de manejo en la producción agrícola (Oliveira 2002).

El nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Es absorbido del suelo bajo la forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes (FAO 2002).

El Nitrógeno es el segundo nutriente absorbido en mayor cantidad por la planta después del potasio, llegando a extraer 2,4 kg de N por cada tonelada de raíces (Cenoz et al. 2000).

La mandioca es una planta que extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, especialmente nitrógeno, potasio y calcio. Si se considera toda la planta, por tonelada de raíces frescas cosechadas, la mandioca extrae de N, 4,42kg; de P, 0,67kg; de K, 3,58kg; de Ca 1,36kg; de Mg, 0,82kg; de S, 0,42kg (Cadavid 2008).

La deficiencia de este nutriente es más frecuente en suelos arenosos o muy ácidos, dónde los niveles de aluminio y/o manganeso reducen la descomposición microbiana de la materia orgánica (CODIPSA 2010).

Su deficiencia reduce el crecimiento de la planta, se produce un amarillamiento uniforme de las hojas, que comienza en las hojas inferiores, pero rápidamente se extiende a toda la planta (Howeler 2002). Por otro lado su exceso causa el crecimiento exagerado de la parte aérea, en detrimento de las raíces (CODIPSA 2010).

Según Oliveira (2002) las características de los fertilizantes nitrogenados son las siguientes: son altamente solubles, no dejan efecto residual para la próxima zafra, aumentan la acidez, poseen índice salino relativamente alto, están libres de macronutrientes secundarios en su fórmula.

Cadavid (2008), realizando estudios sobre la fertilización de la mandioca en Colombia, indica que con 75 a 100 kg ha⁻¹ de N se obtienen rendimientos superiores a 30 t ha⁻¹ en promedio, mientras que con aplicaciones superiores a 100 kg ha⁻¹ de N se reducía el rendimiento.

La fertilización de mandioca ha presentado respuestas pequeñas a la aplicación de nitrógeno, aun en suelos con bajos tenores de materia orgánica. Posiblemente, este es debido a la presencia de bacterias diazotróficas fijadoras de nitrógeno atmosférico en el suelo (EMBRAPA 2006).

En función de la gran movilidad del N en el suelo, favoreciendo las pérdidas por lixiviación es recomendado el parcelamiento de la fertilización nitrogenada,

aplicando una pequeña dosis en la plantación y el restante en cobertura (Silva et al. 2005).

Cenoz et al. (2000), evaluando el desarrollo de la mandioca en un suelo arenoso y con la fertilización nitrogenada en la provincia de Corrientes-Argentina, obtuvieron aumentos significativos del rendimiento de raíces.

Otsubo y Lorenzi (2002), recomiendan la aplicación de 40 kg ha⁻¹ de Urea o Sulfato de amonio en cobertura, alrededor de la planta o en una línea continua entre las hileras.

El nitrógeno es considerado importante factor que actúa sobre los tenores de glucósidos cianogénicos. La producción global de metabolitos nitrogenados por una planta generalmente es aumentada con la mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Vetter 2000).

2.9 Fertilización órgano mineral

Los fertilizantes órgano minerales se basan en la descomposición de la materia orgánica permitiendo la formación de humus y la liberación de sales minerales que contienen los principales nutrientes para las plantas; el humus que se produce se combina con las sales minerales, lo que genera una asociación que se denomina fertilizante orgánico-mineral, que se puede formar naturalmente en el suelo (Burbano 2001).

La aplicación conjunta de materia orgánica y fertilizante mineral ejerce un efecto positivo sobre el suelo, contribuyendo con el crecimiento y la formación de raíces secundarias y terciarias, mejorando la capacidad de absorción de nutrientes minerales por las plantas (Bolaños et al. 2003).

La fertilización del suelo puede ser hecha por medio de fertilizantes minerales u orgánicos, este último presenta ventajas, en especial por permitir aumentos de carbono orgánico y nitrógeno (Leite 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y caracterización del área del experimento

El experimento se ejecutó en una finca localizada en el distrito de Caaguazú, Departamento de Caaguazú, Región Oriental del Paraguay, entre los paralelos 24°30' y 25°50' de latitud sur y los meridianos 55°00' y 56°45' de longitud oeste. El suelo predominante en el área es *Rhodic Paleudult* (Ultisol), de textura arenosa (López et al. 1995). En la Tabla 1 se presenta el resultado del análisis de suelo extraída de la parcela.

Tabla 1. Resultado del análisis de suelo realizado de la parcela del experimento extraída antes de instalar la parcela de mandioca, Caaguazú. Paraguay, 2015.

pH	M.O. %	P mg kg ⁻¹	Ca ⁺² -----	Mg ⁺²	K ⁺ cmol _c kg ⁻¹	Na ⁺ -----	Color	
							Munsell	Descripción
5,50	0,69	2,76	0,80	0,28	0,07	0,02	5 YR 4/6	Marrón Rojizo

Fuente: Resultado de análisis químico realizado en el Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, 2015.

Las condiciones generales del clima de Caaguazú se destacan por presentar temperatura media de 22,5 °C y una precipitación media anual de 1.450 mm (DGEEC 2015). El experimento se llevó a cabo entre los meses de agosto 2015 a julio del 2016.

El presente trabajo de investigación se realizó, en el marco del proyecto denominado “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”, con apoyo de CONACYT.

3.2 Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue de parcelas subdividas, siendo colocadas en las parcelas principales dosis de estiércol bovino y en las subparcelas dosis de nitrógeno. La dosis de estiércol bovino evaluadas fueron tres (3) 0, 15, 30 t ha⁻¹, la dosis de nitrógeno fueron cinco (5) 0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹. A partir de la combinación de los factores estudiados (Estiércol y Nitrógeno) se evaluaron quince (15) tratamientos, con cuatro (4) repeticiones, totalizando (60) unidades experimentales (Figura 1, Tabla 2). Los tratamientos fueron dispuestos a campo en bloques completamente al azar.

Tabla 2. Dosis de Estiércol bovino y de Nitrógeno aplicados

Dosis de Estiércol bovino (t ha ⁻¹)	Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Tratamientos
0	0	1
	40	2
	80	3
	120	4
	160	5
15	0	6
	40	7
	80	8
	120	9
	160	10
30	0	11
	40	12
	80	13
	120	14
	160	15

Cada unidad experimental contó con una superficie de 15 m² (5 m de largo y 3 m de ancho), con un total de área experimental de 900 m², con un área útil de 6 m². Cada unidad experimental contó con cinco (5) hileras y seis (6) plantas a una distancia de 1 m entre hileras x 0,50 m entre plantas, con una densidad de 20.000 plantas ha⁻¹. La parcela útil consistió en las tres (3) hileras centrales, eliminando las dos (2) hileras de los extremos para evitar el efecto borde. La forma en que fueron distribuidos los tratamientos en el campo puede observarse en el croquis de la Figura 1.

3.3 Recursos materiales y equipos técnicos

3.3.1 Material biológico

Se utilizaron rama semillas de mandioca de la variedad Tacuara Pytã producidas por el propio productor de la zona, Departamento de Caaguazú, Distrito de Caaguazú, en el periodo agrícola 2014/2015.

3.3.2 Materiales de campo

Los materiales de campo utilizados fueron: implementos agrícolas a tracción animal para la preparación del terreno, azadas, palas, machetes, bolsas plastilleras, estacas, balanza, balde, cinta métrica, hilo ferretería, etc.

Los materiales de gabinete utilizados fueron: marcadores, lápiz de papel, borrador, bolígrafo, cuaderno, hojas blancas, saca puta, carpetas, plancheta, regla, computadora, impresora, etc.

3.3.3 Material químico y orgánico y órgano mineral

Se utilizaron fertilizantes minerales compuestos por N, P y K de las formulaciones Urea (45-00-00), Súper Fosfato Triple (00-46-00), Cloruro de Potasio (00-00-60), Oxiclорuro de cobre 87% y estiércol bovino.

3.4 Implantación y manejo del experimento

3.4.1 Muestreo y análisis del suelo

El muestreo del suelo se realizó dos meses antes de la preparación del terreno, el recorrido para la extracción de submuestras fue en forma de zig – zag, se colectaron 20 submuestras del terreno, que luego fueron mezcladas para formar una muestra compuesta, la cual fue enviada al laboratorio de análisis de suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias, Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, para su caracterización físico-química.

3.4.2 Preparación del terreno

La parcela fue preparada convencionalmente, 30 días antes de la plantación, mediante una arada y su respectiva rastreada, con implementos agrícolas a tracción animal, pertenecientes al productor dueño de la finca.

La delimitación de la parcela se realizó una semana antes de la plantación, la misma tuvo una superficie de 900 m² (45 m de largo y 20 m de ancho), dentro de esta dimensión se marcaron los bloques, cada bloque midió 45 m de largo y 5 m de ancho, cada una de las unidades experimentales midió 5 m de largo y 3 m de ancho.

3.4.3 Aplicación de estiércol bovino

La aplicación de estiércol bovino se realizó al voleo antes de la plantación una vez calculadas y pesadas las cantidades de acuerdo a los tratamientos, en las parcelas correspondientes.

3.4.4 Plantación

La plantación se llevó a cabo en el mes de agosto de 2015 después de una buena lluvia, teniendo así en el suelo un buen contenido de humedad. Las ramas semillas fueron cortadas manualmente, midiendo aproximadamente 12 cm de longitud, con 5 o más yemas. Posteriormente se abrieron surcos de 8 a 10 cm de profundidad, donde se colocaron las estacas en el surco en posición horizontal y se cubrió con suelo y se presionó suavemente con el pie.

3.4.5 Aplicación de fertilizantes

La aplicación de los fertilizantes se hizo una vez calculadas y pesadas las dosificaciones de todos los fertilizantes de acuerdo a los tratamientos, en las parcelas correspondientes. Para la aplicación de los fertilizantes se abrieron surcos con un escardillo a 10 cm de cada hilera, en la cual se distribuyeron los fertilizantes y posterior a la aplicación se procedió al tapado de los surcos con suelo. El P y K se

aplicó en una dosis fija en base, mientras tanto el N se hizo en forma fraccionada 50% en base y 50% en cobertura.

3.4.6 Control de malezas

Para el control de las malezas se realizó la primera carpida de la parcela después de 30 días de la plantación, la segunda después de 70 días, la tercera después de 120 días y la cuarta carpida después de 160 días aproximadamente, totalizando cuatro carpidas en el ciclo.

3.4.7 Cosecha

La cosecha se realizó a los 11 meses después de la plantación en forma manual. Para las evaluaciones fueron consideradas las hileras centrales, eliminando las hileras de los extremos.

3.5 Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: altura de plantas, número de raíces comerciales, no comerciales y número total de raíces por planta, diámetro de raíces, longitud de raíces, rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y rendimiento total de raíces, contenido de materia seca y almidón y las características químicas del suelo.

Para las evaluaciones se tomaron 12 plantas ubicadas en el centro de las parcelas, que corresponden al área útil del experimento.

Altura de las plantas: fueron medidas las plantas de las hileras centrales con una cinta métrica desde el nivel de suelo hasta el ápice de la planta. Los resultados fueron expresados en centímetros.

Número de raíces comerciales y no comerciales: se clasificaron las raíces de acuerdo al tamaño, las raíces comerciales son aquellas de mayor tamaño (mayor a 20 cm de longitud y mayor a 4 cm de diámetro) y no comerciales los de menor tamaño

(menor a 20 cm de longitud y menor a 4 cm de diámetro); luego se procedió al conteo total de las raíces clasificadas y el resultado se expresó en unidades por planta.

Número total de raíces: es la suma total de las raíces comerciales y no comerciales de cada unidad experimental, dividido por el número de plantas cosechadas.

Diámetro de las raíces: se efectuó mediante la selección al azar de 10 raíces comerciales y no comerciales de cada unidad experimental y la medición se realizó en la parte media de la raíz con la ayuda de un paquímetro, y los resultados se expresaron en centímetros.

Longitud de las raíces: se determinó mediante la selección al azar de 10 raíces comerciales y no comerciales de cada unidad experimental, la medición se efectuó desde el ápice hasta la base (cuello) de la raíz, con la ayuda de una regla y los resultados fueron expresados en centímetros.

Rendimiento de las raíces comerciales y no comerciales: luego de la cosecha y clasificación se realizó el pesaje de las raíces de ambas categorías por separadas (comerciales y no comerciales). Esto se hizo mediante el uso de una balanza, su unidad de medición fue en kg y se expresó en kg ha^{-1} .

Rendimiento total de las raíces: es la suma del rendimiento de las raíces comerciales y las no comerciales, el resultado es expresado en kg ha^{-1} .

Contenido de materia seca total y almidón: se determinó por el método de gravedad específica, para lo cual se seleccionaron al azar 10 raíces comerciales y no comerciales de diferentes tamaños, evaluadas a través del peso fresco de raíces en el aire (PFRAI) y el peso fresco de raíces en el agua (PFRAG), donde se utilizó la fórmula de Gravedad Específica= $\text{PFRAI}/(\text{PFRAI} - \text{PFRAG})$. Los resultados fueron comparados con una tabla de conversión de valores para determinar el porcentaje de materia seca y almidón (Anexo A23).

Características químicas del suelo: posterior a la cosecha se procedió al muestreo de suelos para evaluar el efecto de las enmiendas. Las determinaciones realizadas fueron pH, materia orgánica, fósforo disponible, calcio, magnesio, potasio y acidez intercambiables. El muestreo de suelo se realizó a la profundidad de 0-15 cm, obteniéndose una muestra compuesta a partir de cinco submuestras y llevadas al laboratorio. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio del Área de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias, Sede San Lorenzo (Anexo A26).

3.6 Métodos de control de calidad de datos

Posterior al levantamiento de datos, se verificó la consistencia y la calidad de los mismos, mediante programas y sistema computacionales especializados para la detección de cualquier desviación de los datos de los valores previsible y lógicos.

3.7 Análisis de datos

Para garantizar la calidad de los datos se determinó el coeficiente de variación para cada variable, con la probabilidad de desestimar la unidad de observación y considerar dichos datos como perdidos. Esto se llevó a cabo con un programa y sistema computacional especializado (Infostat) para el análisis de la consistencia y detección de cualquier desviación de los datos de los valores posibles y lógicos.

Los datos colectados fueron sometidos al análisis de varianza (ANAVA), según el modelo de parcelas subdivididas. En caso de que se encuentren diferencias significativas de efecto de tratamiento, se realizó la prueba de comparación de medias, con el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error y el análisis de regresión. Los datos procesados e interpretados fueron presentados en figuras y tablas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Alturas de plantas

En la Tabla 3 se observan los datos promedios de la altura de plantas, tomadas en el momento de la cosecha. No hubo interacción significativa entre las dosis de nitrógeno y las de estiércol bovino para esta variable. El resumen del análisis estadístico se puede apreciar en el Anexo A1.

Tabla 3. Altura de plantas en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Altura de plantas (m)			Promedio
	Dosis de estiércol bovino (t ha ⁻¹)			
	0	15	30	
0	1,47	1,66	1,78	1,63 b*
40	1,59	1,74	1,85	1,73 ab
80	1,51	1,81	1,89	1,74 ab
120	1,53	1,85	2,07	1,82 a
160	1,62	1,90	1,94	1,82 a
Promedio	1,54 c*	1,79 b	1,90 a	1,75
CV (%)				6,11

*Letras diferentes en columnas y en filas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Se constataron diferencias significativas entre las dosis de N para la variable altura de plantas de acuerdo al análisis de varianza. El tratamiento sin aplicación de N no difirió significativamente de las dosis 40 y 80 kg ha⁻¹, sin embargo difirió significativamente de las dosis 120 y 160 kg ha⁻¹ (Tabla 3). El efecto del nitrógeno en la altura de plantas se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,0012x + 1,642$) que indica que por cada kg ha⁻¹ de N adicionado aumenta en un 0,0012 m en altura. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,96$, en donde el 96% se debe al factor dosis de N y el restante a otros factores (Anexo A2).

En la misma tabla se observan diferencias significativas entre las dosis de estiércol. El tratamiento sin aplicación de estiércol que arrojó la menor media, difirió estadísticamente de los demás tratamientos. También se observó diferencia significativa entre las dosis 15 y 30 t ha⁻¹ para la variable altura de plantas. El efecto del estiércol bovino en la altura se ajustó a una ecuación ($y = 0,012x + 1,5633$) que indica que por cada kg ha⁻¹ de estiércol bovino aplicado aumenta en un 0,00012 m en altura. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,95$, en donde el 95% se debe al factor dosis de estiércol bovino y el restante a otros factores (Anexo A3).

En relación a la altura de plantas, Trajano (2012), constató que la aplicación de N eleva el crecimiento de las plantas en altura, coincidiendo con este experimento.

Melo et al. (2015), en investigaciones sobre influencias de estiércol caprino en mandioca, mencionan que las dosis de estiércol presentan efecto significativo sobre la variable altura, obteniéndose resultados similares a este experimento.

4.2 Diámetro de raíces comerciales y no comerciales

Los valores medios del diámetro comercial y no comercial se verifican en la Tabla 4.

Tabla 4. Diámetro comercial y no comercial en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Factores	Diámetro comercial (cm)	Diámetro no comercial (cm)
Dosis de estiércol bovino (t ha⁻¹)		
0	4,76 b**	3,21 b
15	5,27 a	3,46 a
30	5,39 a	3,53 a
Dosis N (kg ha⁻¹)		
0	5,06 ^{ns*}	3,45 ^{ns}
40	5,14	3,36
80	5,09	3,52
120	5,22	3,31
160	5,18	3,35
CV (%)	4,02	7,77

*ns= no significativo al 5% de probabilidad de error por el test de Tukey.

**Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error

No hubo interacción significativa entre las dosis de nitrógeno y dosis de estiércol bovino para dichas variables. El resumen del análisis estadístico para ambas categorías se puede apreciar en los Anexos A4 y A5.

Respecto a los datos obtenidos en la Tabla 4, se pudo constatar que de acuerdo al análisis de varianza no hubo diferencias significativas entre las dosis de N para la variable diámetro comercial y no comercial de raíces.

El tratamiento sin aplicación de estiércol bovino arrojó el menor diámetro comercial y no comercial, difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos, no presentándose diferencia significativa entre las demás dosis (Tabla 4). El efecto del estiércol bovino en el diámetro comercial de raíces se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,021x + 4,825$) en donde presentó un $R^2 = 0,89$ y en el diámetro no comercial de raíces se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,0107x + 3,24$) en donde presentó un $R^2 = 0,90$, indicando que hubo un 0,021 y 0,010 cm de aumento por cada $t\ ha^{-1}$ de estiércol bovino aplicado y en donde el 89% y 90 % de los diámetros se debe al factor estiércol bovino y el restante a otros factores.

Los datos obtenidos en este experimento son similares a los obtenidos por Da Silva et al. (2015), quienes reportaron que la aplicación de N en el cultivo de mandioca en sucesión al cultivo de melón no presentó efecto significativo para la variable diámetro comercial.

Por otro lado Melo et al. (2015), en experimentos realizados en el Brasil sobre fertilización con estiércol caprino en cultivo de mandioca, concluyeron que los mayores valores del diámetro de raíces fueron obtenidos con las dosis mayores de estiércol, coincidiendo así con esta investigación.

4.3 Longitud de raíces comerciales y no comerciales

Para las variables longitud de raíces comerciales y no comerciales se presentan los valores medios en la Tabla 5. No se constató interacción significativa entre las

dosis de nitrógeno y dosis de estiércol bovino en ambas variables. El resumen del análisis estadístico para ambas categorías se puede apreciar en los Anexos A6 y A7.

Tabla 5. Longitud comercial y no comercial en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Factores	Longitud de raíces comerciales (cm)	Longitud de raíces no comerciales (cm)
Dosis de estiércol bovino (t ha⁻¹)		
0	41,89 b**	20,28 ^{ns}
15	44,48 ab	19,93
30	45,99 a	20,79
Dosis N (kg ha⁻¹)		
0	43,77 ^{ns*}	20,32 ^{ns}
40	44,66	19,69
80	44,73	19,65
120	42,86	21,77
160	44,58	20,23
CV (%)	8,23	13,77

*ns= no significativo al 5% de probabilidad de error por el test de Tukey.

**Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la Tabla 5 se puede visualizar que no hubo diferencias significativas entre las dosis de N para las variables longitud de raíces comerciales y no comerciales. En la misma tabla se observa que no hubo diferencia significativa entre las dosis de estiércol bovino para la variable longitud de raíces no comerciales.

Respecto a la fertilización con estiércol bovino se pudo constatar que existe diferencia significativa para la variable raíces comerciales, donde el tratamiento con la dosis intermedia 15 t ha⁻¹ no difirió significativamente de la dosis 30 t ha⁻¹ y del tratamiento sin aplicación de estiércol. El efecto del estiércol bovino se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,1367x + 42,07$) que indica que por cada kg ha⁻¹ de estiércol bovino aplicado aumenta en un 0,1367 cm la longitud de raíces. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,98$, en donde el 98% se debe al factor dosis de estiércol bovino y el restante a otros factores.

En la investigación realizada por Beraldo et al. (2013), en la cual se evaluó la producción de mandioca en función a la fertilización con estiércol de gallina, observaron que la adición de estiércol no influyó significativamente sobre la variable longitud de la raíz.

Cenoz et al. (2000), en el experimentos realizados en Brasil con nitrógeno en el cultivo de mandioca en San Pablo, no observaron diferencias significativas para la variable longitud de la raíz, obteniendo resultado similar a este experimento.

4.4 Número total de raíces, número de raíces comerciales y no comerciales por planta

Los valores medios del número total de raíces por planta se observan en la Tabla 6, y los valores medios del número de raíces comerciales y no comerciales se presentan en la Tabla 7. No se constató interacción significativa entre las dosis de nitrógeno y dosis de estiércol bovino para ambas variables. El resumen del análisis estadístico para ambas categorías se aprecia en los Anexos A8, A9 y A10.

Tabla 6. Número total de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Número total de raíces por planta			
	Dosis de estiércol bovino (t ha ⁻¹)			Promedio
	0	15	30	
0	5,19	5,33	6,56	5,69 b*
40	5,29	6,25	6,50	6,01 ab
80	5,40	5,85	6,67	5,97 ab
120	5,81	6,79	7,04	6,55 a
160	6,13	6,54	6,73	6,47ab
Promedio	5,56 c*	6,15 b	6,70 a	6,14
CV (%)				11,32

*Letras diferentes en columnas y filas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error

En la Tabla 6, se observan diferencias significativas entre las dosis de N para la variable número total de raíces. El tratamiento sin aplicación de N presentó la menor media para esta variable, difiriendo estadísticamente del tratamiento con 120 kg ha⁻¹ de N. El efecto de dosis de N en el número total de raíces se ajustó a ecuación lineal

($y = 0,0053x + 5,718$) que indica que por cada kg ha^{-1} de N adicionado aumenta en un 0,0053 en raíces por planta. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,99$, en donde el 99% se debe al factor dosis de N y el restante a otros factores.

Todas las dosis de estiércol bovino evaluadas en este experimento difirieron estadísticamente entre sí, para la variable número total de raíces (Tabla 6). El efecto de dosis de estiércol bovino se ajustó a una ecuación ($y = 0,038x + 5,5667$) que indica que por cada t ha^{-1} estiércol bovino adicionado aumenta en un 0,038 en raíces por planta. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,84$, en donde el 84% se debe al factor dosis de estiércol bovino y el restante a otros factores.

Los resultados de este trabajo concuerdan con lo relatado por Trajano (2012), quien menciona que el número total de raíces aumento con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

En un trabajo realizado por Beraldo et al. (2013), mencionan que el número de raíces de mandioca fue incrementándose proporcionalmente a la adición de estiércol de gallina, coincidiendo así con este experimento.

Tabla 7. Número raíces comerciales y no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Factores	Número de raíces comerciales por planta	Número de raíces no comerciales por planta
Dosis de estiércol bovino (t ha^{-1})		
0	3,44 b**	2,13 b
15	3,86 ab	2,29 a
30	4,08 a	2,62 a
Dosis N (kg ha^{-1})		
0	3,37 ns*	2,33 ns
40	3,94	2,08
80	3,67	2,30
120	4,03	2,52
160	3,97	2,50
CV (%)	16,4	17,45

*ns= no significativo al 5% de probabilidad de error por el test de Tukey.

**Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la Tabla 7, para el número de raíces comerciales y no comerciales por planta, se verificó que no hubo diferencias significativas entre las dosis de N de acuerdo al análisis de varianza. En relación a la fertilización con estiércol bovino se observa que hubo diferencia significativa para la variable número de raíces comerciales y no comerciales.

Con respecto al número de raíces comerciales, el tratamiento sin aplicación de estiércol, difirió de la dosis con 30 t ha⁻¹ sin diferir de la dosis 15 t ha⁻¹ de estiércol, las dosis 30 t ha⁻¹ y 15 t ha⁻¹ no presentaron diferencias significativas entre sí. El tratamiento sin aplicación de estiércol bovino arrojó la menor media para la variable número de raíces no comerciales, presentando diferencia significativa de las demás dosis (Tabla 7). El efecto de dosis de estiércol bovino en el número de raíces comerciales por planta se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,0213x + 3,4733$) en donde el coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,97$ y en el número de raíces no comerciales por planta se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,0167x + 2,0933$) en donde el coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,97$, que indica que hubo un 0,0213 y 0,0167 por números de planta aumentado por cada t ha⁻¹ de estiércol bovino adicionado y en donde para ambas categorías fue de 97% de los números de raíces por planta que se debe al factor estiércol bovino y el restante a otros factores.

De acuerdo a investigaciones realizadas por Trajano (2012), la aplicación de N no afecta significativamente la variable número total de raíces comerciales y no comerciales, además menciona que sin la aplicación del fertilizante nitrogenado las plantas produjeron mayor números de raíces tuberosas por planta.

4.5 Rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y totales

Los valores medios del rendimiento de raíces comerciales y no comerciales se presentan en la Tabla 8, y los valores medios del rendimiento total en la Tabla 9. No hubo interacción significativa entre las dosis de nitrógeno y las de estiércol bovino para dichas variables. El resumen del análisis estadístico para ambas categorías se aprecia en los Anexos A11, A12 y A13.

Tabla 8. Rendimiento de raíces comerciales y no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Factores	Rendimiento de raíces comerciales	Rendimiento de raíces no comerciales
Dosis de estiércol bovino (t ha⁻¹)	-----Kg ha ⁻¹ -----	
0	34.249 b**	6.553 b
15	46.063 a	6.231 b
30	46.629 a	8.071 a
Dosis N (kg ha⁻¹)		
0	37.971 ns*	6.882 ns
40	42.996	6.344
80	42.232	6.669
120	45.189	7.650
160	43.182	7.211
CV (%)	17,46	19,42

*ns= no significativo al 5% de probabilidad de error por el test de Tukey.

**Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

De acuerdo al análisis de varianza no se verificó diferencias significativas entre las dosis de N para la variable rendimiento de raíces comerciales y no comerciales (Tabla 8).

En relación a la fertilización con estiércol bovino se observa que hubo diferencia significativa. El tratamiento sin aplicación de estiércol presentó la menor media para la variable rendimiento de raíces comerciales difiriendo de las demás dosis. Por otra parte, se logró mayor rendimiento con la dosis 30 t ha⁻¹ para las raíces no comerciales, no se presentó diferencias significativas entre el tratamiento sin aplicación de estiércol y la dosis de 15 t ha⁻¹ para esta variable. El efecto de dosis de estiércol bovino en el rendimiento comercial se ajustó a una ecuación ($y = 0,4127x + 36,123$) en donde el coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,78$ y en el rendimiento no comercial se ajustó a una ecuación ($y = 0,0507x + 6,19$) en donde el coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,60$, que indica que hubo un 412,7 y 50,7 kg ha⁻¹ de aumento por cada t ha⁻¹ de estiércol bovino aplicado y en donde el 78% y 60 % de los rendimientos se debe al factor estiércol bovino y el restante a otros factores.

Los resultados obtenidos en relación al rendimiento, coinciden con lo reportado por Brabo et al. (2012), quienes en investigaciones realizadas en dos

municipios de Paraná no obtuvieron respuestas a la aplicación de N en el cultivo de mandioca.

Santos (2006), estudió los efectos de las dosis de estiércol bovino en el rendimiento de la batata y mencionó que los mayores rendimientos de raíces tuberosas comerciales fueron obtenidos con estiércol, provocando aumentos de hasta 154 % en relación al testigo.

Tabla 9. Rendimiento total de raíces de mandioca en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento total de raíces (kg ha ⁻¹)			
	Dosis de estiércol bovino (t ha ⁻¹)			Promedio
	0	15	30	
0	36.038	46.504	52.017	44.853 ^{ns*}
40	44.392	51.588	52.042	49.340
80	37.825	52.921	55.958	48.901
120	39.921	59.021	59.575	52.839
160	45.833	51.438	53.908	50.393
Promedio	40.802 b**	52.294 a	54.700 a	49.265
CV (%)				14,94

*ns= no significativo al 5% de probabilidad de error por el test de Tukey.

**Letras diferentes en filas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la Tabla 9, se observa que no se verificó diferencia significativa entre las dosis de N para la variable rendimiento total de raíces de acuerdo al análisis de varianza. El promedio del rendimiento total en función a la aplicación de N fue de 49.265 kg ha⁻¹. El tratamiento sin aplicación de estiércol bovino arrojó el menor rendimiento, difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos, no se presentó diferencia significativa entre las dosis 15 y 30 t ha⁻¹ para la variable rendimiento total de raíces (Tabla 9). El efecto de dosis de estiércol bovino en el rendimiento total de raíces de mandioca se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,4633x + 42,313$) que indica que hubo un 463,3 kg ha⁻¹ de aumento en el rendimiento total por cada t ha⁻¹ de estiércol bovino aplicado. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,87$ en donde el

87% del rendimiento total se debió al factor estiércol bovino y el restante a otros factores.

Los resultados de este trabajo concuerdan con lo reportado por Fidalski (2000), quien menciona que la fertilización nitrogenada no presenta aumento de rendimiento en la producción de raíces de mandioca.

En un trabajo realizado por Beraldo et al. (2013), constataron que para la variable rendimiento de raíces de mandioca, la fertilización con estiércol de gallina presentó un incremento de 19% en comparación al testigo.

Por su parte Oliveira (2010), reportó que hubo diferencia significativa con la aplicación de estiércol bovino en el rendimiento de raíces tuberosas en el cultivo de batata en comparación al testigo, obteniéndose mayores rendimientos con la aplicación de la enmienda.

La fertilización del suelo puede ser hecha por medio de fertilizantes minerales u orgánicos siendo este último los que presentan ventajas frente a los fertilizantes minerales, en especial por permitir aumento en los valores totales de carbono orgánico y nitrógeno favoreciendo la productividad (Leite 2003).

Con la aplicación de N, no se observó incrementos en el rendimiento total de raíces debido a las altas y constantes precipitaciones posteriores a la aplicación de los fertilizantes, lo cual pudo haber influenciado a las pérdidas de nutrientes por lixiviación.

Alcarde et al. (2012), mencionaron que los nutrientes adicionados al suelo por fertilización pueden sufrir pérdidas, la lixiviación es la pérdida de nutrientes por lavado del suelo en el sentido vertical, a este tipo de pérdida están sujetos los fertilizantes solubles por causa de las precipitaciones (Anexo A22).

4.6 Contenido de materia seca y almidón

En la Tabla 10, se observan los valores medios del contenido de materia seca y almidón. No se constató interacción significativa entre las dosis de nitrógeno y dosis de estiércol bovino para ambas variables. El resumen del análisis estadístico para ambas categorías se puede apreciar en los Anexos A14 y A15.

Tabla 10. Contenido de materia seca y almidón de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Factores	Materia seca (%)	Almidón (%)
Dosis de estiércol bovino (t ha⁻¹)		
0	34,38 ns*	32,24 ns
15	34,38	32,24
30	34,38	32,24
Dosis N (kg ha⁻¹)		
0	34,38 ns	32,24 ns
40	34,38	32,24
80	34,37	32,23
120	34,40	32,25
160	34,37	32,23
CV (%)	0,08	0,08

*ns= no significativo al 5% de probabilidad de error por el test de Tukey.

Respecto al porcentaje de materia seca y almidón (Tabla 10), se verificó que no hubo diferencias significativas entre las dosis de N y tampoco entre las dosis de estiércol bovino para las variables porcentaje de materia seca y almidón.

Los resultados obtenidos respecto a las variables mencionadas, son similares a lo reportado por Dos Santos et al. (2005), quienes no observaron diferencias significativas entre variedades de mandioca con fertilización nitrogenada para las características porcentaje de materia seca y almidón.

La materia seca y el almidón están ligados a la edad del cultivo, las condiciones climáticas, principalmente al índice pluviométrico, además de ser características varietales importantes (Toro y Cañas 1982).

4.7 Características químicas del suelo

En la Tabla 11, se observan los valores medios del pH, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio y potasio. El resumen del análisis estadístico para las características químicas del suelo se puede apreciar en los Anexos A16, A17, A18, A19, A20 y A21.

Tratamientos	pH	Mat. Org. %	P mg kg ⁻¹	Ca ⁺²	Mg ⁺² cmol _c kg ⁻¹	K ⁺
Testigo	5,75 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,06 ^{ns}
E.B (15 t ha ⁻¹)	5,5	0,45	2,14	0,37	0,24	0,09
E.B (30 t ha ⁻¹)	5,75	0,61	2,75	0,38	0,36	0,08

Tabla 11. pH, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio y potasio en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

*ns= no significativo al 5% de probabilidad de error por el test de Tukey.

E.B.= estiércol bovino.

Las variables analizadas, al ser sometidas a análisis de varianza, no presentaron diferencias significativas en todos los tratamientos.

Santos y Cordeiro (2006), analizando los efectos de la fertilización de estiércol bovino en las propiedades químicas del suelo, mencionan que los valores de pH, además de los tenores de Ca y Mg no fueron influenciados por los niveles de estiércol, coincidiendo con este experimento.

Holanda et al. (1982), constataron que la adición de 12 t ha⁻¹ estiércol de gallina no incrementaron el pH y los tenores de Ca y K del suelo en cuatro secuencias de cultivos en el estado de Rio Grande do Sul.

En un experimento realizado en la región oeste de Santa Catarina, sobre propiedades químicas de un Latossuelo rojo con aplicación de estiércol suino, Scherer et al. (2007) reportaron que la materia orgánica no fue influenciada significativamente por la adición de estiércol suino.

Liu et al. (2010), evaluando los efectos del estiércol bovino sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, verificaron que el Fosforo no fue influenciada significativamente por la adición del estiércol, siendo similar a este experimento.

5. CONCLUSIÓN

En las condiciones del presente experimento se puede concluir que:

La aplicación de Nitrógeno incrementa el desarrollo en altura de plantas y número total de raíces.

La adición de estiércol bovino, promueven el incremento de la altura de plantas, número de raíces comerciales, no comerciales y número total de raíces por planta, así también el diámetro de raíces comerciales, no comerciales, longitud de raíces comerciales, rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y rendimiento total de raíces.

No hubo respuestas significativas a la aplicación de estiércol bovino sobre el pH, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio y potasio.

6. REFERENCIAS

- Andrade, L; Siqueira, M. 2000. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes (en línea). Cerrado, correção do solo e adubação. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília p. 317-366. Consultado 12 oct. 2016. Disponible en <http://www.cnpab.embrapa.br/cnpab/FruteirasTropicaisdoBrasil.pdf>.
- Alcarde, A; Cerón, L; Aristizábal, F. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos (en línea). Consultado 25 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n1/v14n1a26.pdf>. Bogotá, CO. 11p.
- Arévalos, T. 2009. Manejo de nitrógeno bajo fertilización con NPK aplicado en siembra y cobertura en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis (Ing. Agr.). San Pedro de Ycuamandyyú, PY. Carrera de Ingeniería Agronómica. FCA. UNA. 43 p.
- Beraldo, A; Silva, AC; Narita, N. 2013. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha (en línea). Pesquisa Agropecuaria. Goiania, BR. 43(3), P 247-254. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/pat/v43n3/a01.pdf>
- Bolaños, M; Morales, H; Celis, L. 2003. Fertilización Orgánica-química y producción de 'Dominico hartón'. Infomusa (en línea) Consultado 12 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.co/scielo.php>. 45p.
- Brabo, RN; Souza, M; Rodrigues, E. 2012. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta*, L) variedade Paulozinho em Moju – Pará (en línea). Revista Raízes Amidos Tropicais. Amazonia, BR. 8, P 65-70. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en [http://C:/Users/hp%20620/Downloads/1072-7142-1-PB%20\(6\).pdf](http://C:/Users/hp%20620/Downloads/1072-7142-1-PB%20(6).pdf). Pará, BR. 70p.
- Burbano, O.H. 2001. Lo orgánico en el manejo productivo del suelo: Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento (en línea). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Consultado 12 oct. 2016. Disponible en <http://www.secsuelo.org/wp-orgánico/manejo/productivo/suelo/5-a-W.pdf>. Palmira, CO. 58 p.
- Caballero, C. 2006. Cultivo de la mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). San Lorenzo, Py: FCA.UNA. 15p.
- Cadavid, L. 2008. Fertilización del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (en línea).. Consultado 23 mar. 2016. Disponible en <http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/1334/1/capitulo05.pdf>. Cali, CO. 65 p

- Casaca, AD. 2005. El cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz. Guía de frutas y vegetales (en línea) Consultado 12 oct. 2016. Disponible en <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article.pdf>. Asunción; PY. 12 p
- Caballero, C. 2006. Cultivo de la mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). San Lorenzo, Py: FCA.UNA. 15p.
- Cenoz, P; Lopez, A; Burgos, A. 2000. Efecto de los macronutrientes en el desarrollo y rendimiento de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) (en línea). Consultado 13 nov. 2015. Disponible en http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a.pdf Corrientes, AR.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2000. Informe Anual. Cali, Colombia. 192 p.
- CODIPSA 2010. Almidón de mandioca (en línea). Consultado 13 nov. 2015. Disponible en http://www.codipsa.com.py/planta_industriCII.php Asunción; PY. 354 p.
- Cuña, P; Florentino, A. 2003. El cultivo de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) (en línea). Consultado 13 nov. 2015. Disponible en http://www.sian.inia.gob.ve//Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a.pdf. Lima, PE. 95p.
- Cruz, G. 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. La yuca en el tercer milenio. sistema moderno de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT .Col. 327:2. p. 17-34.
- Da Silva, J; Paiva, R; Costa, R; Ardachnikoff, D; Robson, J; Ferreira, J. 2015. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento de macaxeira cv. 'Venâncio', irrigada e em sucessão a cultura do melão (en línea). Embrapa Mandioca e Fruticultura. Parana, BR. 4 p. Consultado 18 oct. Disponible en <file:///C:/Users/hp%20620/Downloads/00162.pdf>
- DGEEC (Dirección General de Estadística, Encuesta y Censos). 2015. Atlas Censal del Paraguay (en línea). Consultado 13 nov. 2015. Disponible en <http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones20PParagua.pdf>. Asunción, PY. 88 p.
- Dos Santos, N; Silveira, AE; Matsumoto, SN; Sedyama, T; Martins, F. 2005. Effect of nitrogen in the agronomic characteristics of cassava. (en línea). Fertilidade do solos e nutricao de plantas. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-870520050004. Campinas, BR. 11p.
- EMBRAPA (Empresa brasileira de pesquisa agropecuaria). 2006. A cultura da mandioca (en línea). Sistemas de Produção, artigos de atividades rurais.

- Consultado 13 oct. 2016. Disponible en <http://atividadarural.com.br/artigos/5602ee3b2a182.pdf>. Brasil, BR. 9p.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). 2002. Los fertilizantes y su uso (en línea. Consultado 15 ago. 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>). Roma, IT
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). 2010. Producción Mundial de la mandioca (en línea). Consultado 15 ago. 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/Madiocamudial.pdf>. Medellín, CO
- Fernandes, V; Silva, J; Ferreira, M. 2009. Cultivo da Mandioca na Região Sul (en línea). Consultado 06 feb. 2016. Disponible en <https://www.infoteca.www.betuco./Cassavamineral/doc/SP20023.pdf>. Paraná. BR. 123 p.
- Fidalski, J. 2000. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do Noroeste do Paraná (en línea). Pesquisa agropecuária. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n8/7696.pdf> Brasilia, BR. 34(8), P 1353-1359.
- Holanda, J; Mielniczu, J; STAMMEL, J. 1982. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro sequências de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul (en línea). Consultado el 2 de nov. de 2016. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000082&pid=S0102-0536200200020001700012&lng=en. Rio Grande do Sul, BR. p. 47-51.
- Howeler, R. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization (en línea). Biology Production and utilization. Cabi-Wallingford.. Consultado 13 oct. 2016. Disponible <http://www.betuco./Cassavamineralnutrition20fertilization.pdf>. P 115-147
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agrícola, AR). 2008. Producción de mandioca (en línea). AR. Consultado 25 oct. 2016. Disponible en <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-cuadernillo-mandioca.pdf>
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2013. Fertilización orgánica con estiércol bovino. Consultado 13 oct. 2016. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/B898B337EC6993ED85257B4200621343/\\$FILE/IAH%20-2013-01%20NLA.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/B898B337EC6993ED85257B4200621343/$FILE/IAH%20-2013-01%20NLA.pdf). AR. 321 p.
- Leite, L. 2003. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 27(5), P 821-832.
- Liu, E., Liu, C. Yan, X., Mei, W., He, S., Bing, L., Ding, E. 2010 . Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China (en línea). Consultado 26 de oct. 2016. Disponible

en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392014000300012. China, CN.8 p.

López, M. 2011. Cultivo de mandioca, uso industrial (en línea). Consultado 12 oct. 2016. Disponible en <http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0B420/IAH%20-2013-01%20NLA.pdf>. Infomusa 3, P 36-45.

López, O; González, E; Llamas, P; Molinas, A; Franco, E; García, S; Ríos, 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. Consultado el 20 de agosto de 2015 (en línea). Disponible en <http://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). 2016. Volúmenes de cuadros estadísticos (en línea). Consultado 25 oct. 2016. Disponible en <http://www.mag.gov.py/index-censo2014.php?pag=volumenes.html>. Gobierno Nacional, PY.

Menezes, RSC; Sampaio, EV. 2002. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: SBCS/UFC, p.20-46.

MAG (Ministerio de agricultura y Ganadería, PY) / (Agencia Alemana de Cooperación Técnica Alemana, PY). 2008. Sistema sostenible de producción para los principales cultivos agrícolas, hortalizas, forestales y agroforestales de la Región Centro del Paraguay. Asunción; PY. 354 p.

Melo, RF; Barbosa, J; Florentino, A; Pereira, LA; Coelho, L. 2015. Influência de doses de esterco de caprino no desenvolvimento de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em barragem subterrânea (en línea). Embrapa Semiarido. Consultado 18 oct. Disponible en <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135227/1/Roseli-2015.pdf> Pernambuco, BR. 5 p.

Menezes, R.; Silva, T. 2008. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica (en línea). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n3/v12n03a05.pdf> Campina Grande, BR. 12(3), p.251–257.

Nyamangara, J; Gotosa, J; Mpfu, SE. 2001. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. Soil and Tillage Research, Amsterdam. 62(4), P 157-162.

Oliveira, L. 2002. Adubação Nitrogenada (en línea). Consultado 12 oct. 2016. Disponible en

<http://www.Apostilas/MonitorLeonardoApostila20Adub.20Nitrogenada2002.pdf>
Parana, BR. 9 p

Oliveira, A. 2010. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. *Horticultura Brasileira*, Brasília, BR, v. 28, n. 3, p. 277-281.

Otsubo, A; Lorezi, J. 2002. Sistemas de Produção: Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil (en línea). Consultado 01 feb. 2016. Disponible en <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/SP20023.pdf> Paraná. BR. 115 p

Rodriguez, G; Torres, S; Linhares, P; Freitas, R; Maracajá P. B. 2008. Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.). Brasil, BR. 168 p.

Santos, L; Cordeiro, A. 2006. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo (en línea). Consultado el 12 nov. 2016. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000400017. Brasil, BR. 6 p.

Santos, J. 2006. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. *Horticultura Brasileira*. (en línea). Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/pat/v43n3/a01.pdf>. Brasília, BR. 24(1), P. 103-106

Sanchez, F. 2008. Fertilización orgánica (en línea). Consultado 27 ago. 2015. Disponible en <https://www.google.com.py/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4.pdf> f. P. 103-106

Silva, E; Buzetti, S; Guimarães, G; Lzarini, E. 2005. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho (en línea). Consultado 24 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100016. Brasil, BR. 11p.

Silva, M; Siqueira, J; Bressan, E; Borges, A; Pereira, K; Pinto, J; Veasey, e. 2010. Genetic characterization of cassava (*Manihot esculenta*) landraces in Brazil assessed with simple sequence repeats (en línea). Consultado 30 nov. 2016. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052011000400003. Brasil, BR. 8p.

Souto, PC; Tedesco, M. 2005. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em áreas degradadas no semiárido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, 29, P 125-130,

- Scherer, E; Nunes, C; Massotti, Z. 2010. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina (en línea). Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n4/34.pdf>. Santa Catarina, BR. 9p.
- Toro, J; Cañas, A. 1982. Determinación del contenido de materia seca y almidón en yuca por el sistema de gravedad específica (en línea).. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf Cali,CO. p. 28-49
- Torres, J; Moreno, N; Contreras, N. 2001. Cultivo de la yuca (en línea). Fondo Nacional de Investigaciones Agrícolas. Consultado 28 de ago. 2015. Disponible en <http://inia.gob.repositorio/noperiodicas/manuales/yuca.pdf> Maracay; VE.
- Trajano, N. 2012. Efeito das épocas de colheita e doses de nitrógeno no teor de ácido cianídrico e componentes de producao da mandioca, cultivada na salvana de Boa Vista, Roraima (en línea). Tesis Magister Agronomía, Universidade Federal de Roraima. Carrera de Ingeniería Agronómica. 73 p. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en http://www.bdt.d.ufr.br/tde_arquivos/Publico/NataliaTrajano.pdf
- USAID (United States Agency for International Development). 2010. Sistema producción para el cultivo de mandioca. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <https://www.usaid.gov/sites/default/files/doc2/mandioca.pdf> Asunción, PY. 354 p.
- Vetter, J. 2000. Plant cyanogenic glycosides (en línea). Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10669009>. P11-36.
- Villar, L. 2004. Cultivo de mandioca. (en línea) Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Mandioca.pdf>. San Lorenzo, PY. 7p

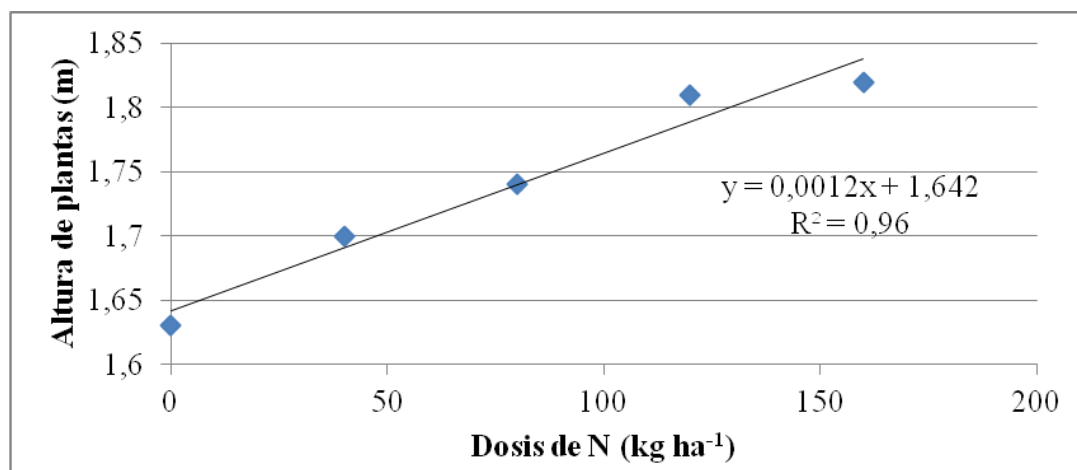
ANEXOS

A1. Resumen del análisis de varianza respecto a la altura de plantas en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

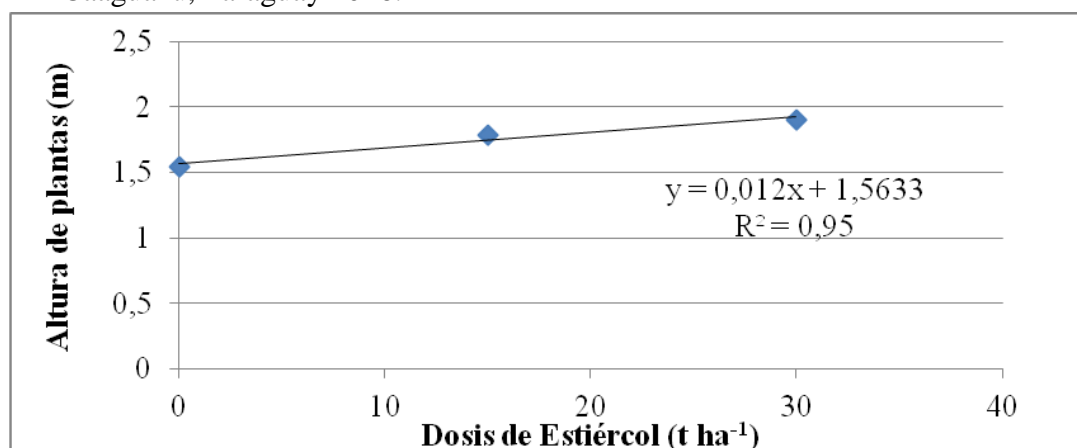
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	1,37	2	0,68	60,03	<0,0001
Dosis N	0,27	4	0,07	6	0,0007
Bloque	0,25	3	0,08	7,39	0,0004
Interacción	0,12	8	0,02	1,35	0,2482
Error	0,48	42	0,01		
Total	2,49	59			

C.V.: 6,11

A2. Altura de plantas en función a la aplicación de dosis de N. Caaguazú, Paraguay 2016.



A3. Altura de plantas en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.



A4. Resumen del análisis de varianza respecto al diámetro comercial en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	4,47	2	2,23	52,39	52,39
Dosis N	0,21	4	0,05	1,22	1,22
Bloque	1,39	3	0,46	10,85	10,85
Interacción	0,65	8	0,08	1,92	1,92
Error	1,79	42	0,04		
Total	8,51	59			

C.V.: 4,02

A5. Resumen del análisis de varianza respecto al diámetro no comercial en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	1,11	2	0,56	7,99	0,0011
Dosis N	0,34	4	0,09	1,23	0,3144
Bloque	1,26	3	0,42	6,02	0,0017
Interacción	0,51	8	0,06	0,92	0,509
Error	2,93	42	0,07		
Total	6,16	59			

C.V.: 7,77

A6. Resumen del análisis de varianza respecto a la longitud de raíces comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	172,43	2	86,22	6,54	0,0034
Dosis N	31,08	4	7,77	0,59	0,6722
Bloque	66,25	3	22,08	1,68	0,1869
Interacción	138,94	8	17,37	1,32	0,2616
Error	553,71	42	13,18		
Total	962,41	59			

C.V.: 8,23

A7. Resumen del análisis de varianza respecto a la longitud de raíces no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	7,36	2	3,68	0,47	0,6287
Dosis N	35,32	4	8,83	1,13	0,3569
Bloque	203,82	3	67,94	8,67	0,0001
Interacción	55,54	8	6,94	0,89	0,5364
Error	329,12	42	7,84		
Total	631,15	59			

C.V.: 13,77

A8. Resumen del análisis de varianza respecto al número total de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	12,96	2	6,48	13,42	<0,0001
Dosis N	6,19	4	1,55	3,2	0,022
Bloque	3,11	3	1,04	2,15	0,1085
Interacción	2,34	8	0,29	0,6	0,7687
Error	20,28	42	0,48		
Total	44,87	59			

C.V.: 11,32

A9. Resumen del análisis de varianza respecto al número de raíces comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	620,63	2	310,32	5,57	0,0072
Dosis N	519,27	4	129,82	2,33	0,0717
Bloque	281,73	3	93,91	1,68	0,1848
Interacción	340,03	8	42,5	0,76	0,6371
Error	2341,27	42	55,74		
Total	4102,93	59			

C.V.: 16,40

A10. Resumen del análisis de varianza respecto al número de raíces no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	2,5	2	1,25	7,48	0,0017
Dosis N	1,57	4	0,39	2,34	0,0704
Bloque	0,4	3	0,13	0,79	0,5069
Interacción	0,96	8	0,12	0,72	0,6739
Error	7,03	42	0,17		
Total	12,46	59			

C.V.: 17,45

A11. Resumen del análisis de varianza respecto al rendimiento de raíces comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	1954,41	2	977,2	17,91	<0,0001
Dosis N	340,24	4	85,06	1,56	0,203
Bloque	922,92	3	307,64	5,64	0,0024
Interacción	317,78	8	39,72	0,73	0,6661
Error	2291,87	42	54,57		
Total	5827,21	59			

C.V.: 17,46

A12. Resumen del análisis de varianza respecto al rendimiento de raíces no comerciales en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	38,63	2	19,32	10,6	0,0002
Dosis N	12,1	4	3,02	1,66	0,1772
Bloque	0,3	3	0,1	0,05	0,9829
Interacción	28,92	8	3,62	1,98	0,0722
Error	76,5	42	1,82		
Total	156,45	59			

C.V.: 19,42

A13. Resumen del análisis de varianza respecto al rendimiento total de raíces en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor
Estiércol bovino	2206,88	2	1103,44	20,37	<0,0001
Dosis N	403,83	4	100,96	1,86	0,1348
Bloque	921,63	3	307,21	5,67	0,0024
Interacción	360,91	8	45,11	0,83	0,579
Error	2275,28	42	54,17		
Total	6168,53	59			

C.V.: 14,94

A14. Resumen del análisis de varianza respecto al contenido de almidón en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	0,00016	2	0,000082	0,14	0,8721
Dosis N	0,0046	4	0,0011	1,92	0,1246
Bloque	0,002	3	0,00065	1,1	0,3606
Interacción	0,0023	8	0,00029	0,48	0,8631
Error	0,02	42	0,0006		
Total	0,03	59			

C.V.: 0,08%

A15. Resumen del análisis de varianza respecto al contenido de materia seca en función a la aplicación de dosis de N y estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	0,00021	2	0,00011	0,14	0,8721
Dosis N	0,01	4	0,0015	1,92	0,1246
Bloque	0,0026	3	0,00085	1,1	0,3606
Interacción	0,003	8	0,00037	0,48	0,8631
Error	0,03	42	0,00078		
Total	0,04	59			

C.V.: 0,08

A16. Resumen del análisis de varianza respecto al pH del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	0,17	2	0,08	0,47	0,6453
Bloque	0,42	3	0,14	0,79	0,541
Error	1,06	6	0,18		
Total	1,65	11			

C.V.: 7,42

A17. Resumen del análisis de varianza respecto al M.O.(%) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	0,05	2	0,02	0,53	0,6143
Bloque	0,07	3	0,02	0,47	0,7163
Error	0,28	6	0,05		
Total	0,4	11			

C.V.:40,87

A18. Resumen del análisis de varianza respecto al Fósforo (mg kg^{-1}) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	1,78	2	0,89	0,53	0,6126
Bloque	4,12	3	1,37	0,82	0,5275
Error	10,02	6	1,67		
Total	15,91	11			

C.V.:57,68

A19. Resumen del análisis de varianza respecto al Calcio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	0,01	2	0,0032	0,04	0,9595
Bloque	0,05	3	0,02	0,23	0,8699
Error	0,46	6	0,08		
Total	0,52	11			

C.V.:70,35

A20. Resumen del análisis de varianza respecto al Magnesio ($\text{cmol}_c \text{Kg}^{-1}$) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	0,04	2	0,02	0,13	0,8787
Bloque	0,13	3	0,04	0,31	0,8149
Error	0,81	6	0,13		
Total	0,97	11			

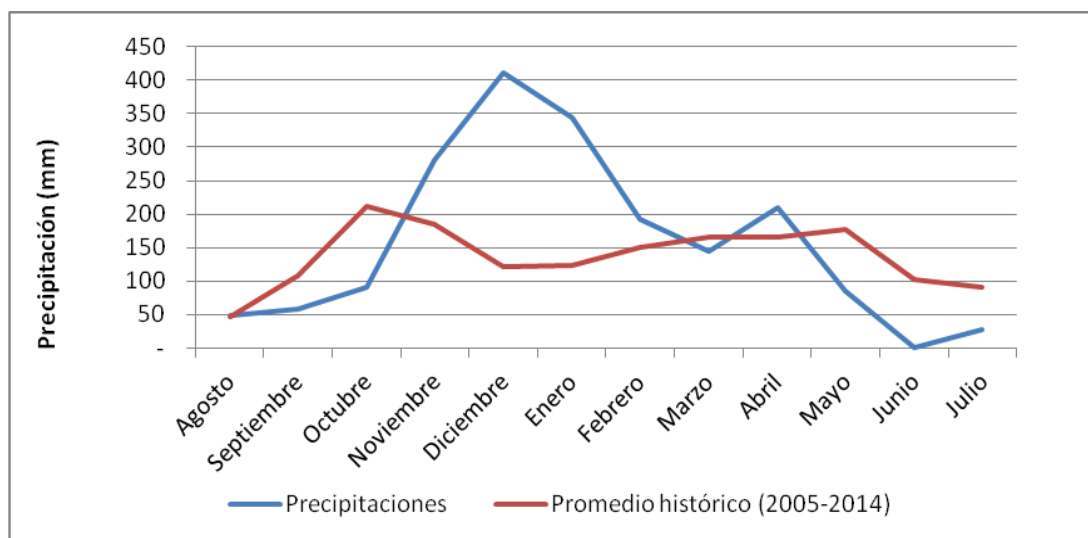
C.V.: 126,45

A21. Resumen del análisis de varianza respecto Potasio al ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) del análisis de suelo en función a la aplicación de estiércol bovino. Caaguazú, Paraguay 2016.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Estiércol bovino	0,0015	2	0,00076	1,99	0,2169
Bloque	0,0015	3	0,0005	1,31	0,3559
Error	0,0023	6	0,00038		
Total	0,01	11			

C.V.:24,64

A22. Datos de precipitación (mm) desde agosto de 2015 a julio de 2016 en relación a un promedio histórico del año 2005-2014.



Fuente: Estación meteorológica convencional de la ciudad de Coronel Oviedo, período 2005 a 2014. Perteneciente a la Red de Estaciones Meteorológicas de la Dirección de Meteorología e Hidrología del Paraguay (DMH - DINAC).

A23.Tabla de conversión del porcentaje de materia seca y almidón de la mandioca.

Densidad	%MS	%AL	Densidad	%MS	%AL
1.1080	33.28	31.16	1.1300	36.71	34.52
85	33.36	31.24	05	36.79	34.59
90	33.44	31.31	10	36.87	34.67
95	33.51	31.39	15	36.95	34.75
1.1100	33.59	31.46	20	37.02	34.82
05	33.67	31.54	25	37.10	34.90
10	33.75	31.62	30	37.18	34.97
15	33.83	31.69	35	37.26	35.05
20	33.90	31.77	40	37.34	35.13
25	33.98	31.85	45	37.41	35.20
30	34.06	31.92	50	37.49	35.28
35	34.14	32.00	55	37.57	35.36
40	34.22	32.07	60	37.65	35.43
45	34.29	32.15	65	37.73	35.51
50	34.37	32.23	70	37.80	35.59
55	34.45	32.30	75	37.88	35.66
60	34.53	32.38	80	37.96	35.74
65	34.61	32.46	85	38.04	35.81
70	34.69	32.53	90	38.12	35.89
75	34.76	32.61	95	38.19	35.97
80	34.84	32.69	1.1400	38.27	36.04

A24. Resultados de las variables estudiadas por tratamientos en campo.

Bloques	Trat.	A. P (m)	N° de raíces por planta			Rendimiento de raíces (kg ha ⁻¹)			Diámetro de raíces (cm)		Longitud de raíces (cm)		Contenido (%)	
			Comercial	No Comercial	Total	Comercial	No Comercial	Total	Comercial	No comercial	Comercial	No comercial	MS	AI
BI	T1	1,40	3,25	1,83	5,08	28.517	5.417	33.933	4,35	2,52	47,20	19,20	34,37	32,23
	T2	1,44	3,92	1,33	5,25	42.550	6.817	49.367	4,87	3,09	40,80	20,70	34,37	32,23
	T3	1,42	4,08	2,00	6,08	34.967	6.450	41.417	4,45	3,15	44,40	16,25	34,37	32,23
	T4	1,46	3,17	2,67	5,83	30.683	7.817	38.500	4,65	3,05	41,70	16,20	34,45	32,30
	T5	1,44	3,67	2,92	6,58	34.717	5.367	40.083	4,45	2,83	41,30	26,30	34,37	32,23
	T6	1,48	2,50	2,00	4,50	31.833	6.000	37.833	5,18	3,44	42,20	17,00	34,45	32,30
	T7	1,58	4,08	2,08	6,17	42.767	3.833	46.600	5,04	3,43	54,20	18,60	34,37	32,23
	T8	1,70	3,25	2,33	5,58	38.150	6.050	44.200	5,37	3,58	46,40	18,70	34,37	32,23
	T9	1,66	3,75	2,67	6,42	39.650	7.967	47.617	4,92	3,43	46,90	24,70	34,45	32,30
	T10	1,81	4,08	2,08	6,17	37.117	7.917	45.033	4,88	3,07	47,90	23,10	34,37	32,23
	T11	1,71	2,83	2,75	5,58	32.367	8.350	40.717	4,92	3,37	43,00	22,70	34,37	32,23
	T12	1,71	3,25	2,08	5,33	35.267	7.117	42.383	5,05	3,27	43,90	21,80	34,37	32,23
	T13	1,84	3,92	2,50	6,42	47.783	7.917	55.700	5,03	3,63	43,50	19,30	34,37	32,23
	T14	2,00	4,50	2,33	6,83	44.150	8.817	52.967	4,97	2,74	40,90	26,70	34,45	32,30
	T15	1,94	3,42	2,67	6,08	43.833	9.583	53.417	5,34	3,70	43,60	21,30	34,37	32,23
BII	T1	1,54	3,33	2,50	5,83	29.183	7.100	36.283	4,88	2,96	40,30	16,50	34,45	32,30
	T2	1,72	3,17	2,00	5,17	34.650	6.850	41.500	4,88	3,291	40,00	16,9	34,37	32,23
	T3	1,53	2,42	2,50	4,92	23.967	5.617	29.583	4,68	3,06	43,10	18,20	34,37	32,23
	T4	1,67	2,75	2,58	5,33	27.783	6.633	34.417	4,86	2,71	35,50	21,50	34,37	32,23
	T5	1,80	4,25	2,92	7,17	46.883	7.200	54.083	5,07	3,41	39,00	19,70	34,37	32,23
	T6	1,59	3,25	2,58	5,83	37.800	6.650	44.450	5,35	3,59	39,70	22,00	34,37	32,23
	T7	1,77	4,00	2,08	6,08	54.567	6.350	60.917	5,45	3,24	43,1	17,15	34,37	32,23
	T8	1,86	4,58	1,92	6,50	52.233	4.533	56.767	5,06	3,49	37,40	14,80	34,37	32,23
	T9	2,05	4,42	2,17	6,58	52.250	7.817	60.067	5,39	3,50	42,50	21,80	34,37	32,23
	T10	2,12	3,83	2,42	6,25	42.417	9.267	51.683	5,07	3,45	56,30	17,90	34,37	32,23
	T11	1,72	4,17	2,75	6,92	40.450	7.667	48.117	4,65	3,90	49,60	21,80	34,37	32,23
	T12	1,98	6,25	2,08	8,33	69.800	6.200	76.000	5,46	3,24	50,10	19,20	34,37	32,23
	T13	1,68	3,67	3,17	6,83	38.017	9.900	47.917	5,18	3,33	46,20	20,90	34,37	32,23
	T14	2,07	5,17	2,50	7,67	55.983	5.167	61.150	5,75	3,18	41,50	20,20	34,37	32,23
	T15	1,92	4,67	2,92	7,58	49.967	5.917	55.883	5,76	3,26	43,70	17,80	34,37	32,23

Resultados de las variables estudiadas por tratamientos en campo (continuación).

Bloques	Trat.	A. P (m)	Nº de raíces por planta			Rendimiento de raíces (kg ha ⁻¹)			Diámetro de raíces (cm)		Longitud de raíces (cm)		Contenido (%)	
			Comercial	No Comercial	Total	Comercial	No Comercial	Total	Comercial	No comercial	Comercial	No comercial	MS	AI
BIII	T1	1,44	3,17	1,83	5,00	33.633	5.850	39.483	4,91	3,22	39,60	18,30	34,37	32,23
	T2	1,42	2,83	1,50	4,33	25.450	6.667	32.117	4,64	3,67	39,80	20,70	34,37	32,23
	T3	1,63	3,33	2,25	5,58	31.200	6.767	37.967	4,61	3,71	40,50	21,00	34,37	32,23
	T4	1,45	3,08	2,50	5,58	27.433	6.417	33.850	4,85	3,44	40,00	24,50	34,37	32,23
	T5	1,72	3,58	1,50	5,08	40.967	7.250	48.217	4,94	3,12	39,20	13,80	34,37	32,23
	T6	1,77	3,25	2,33	5,58	44.350	6.933	51.283	5,47	3,65	46,30	18,70	34,37	32,23
	T7	1,79	4,00	1,92	5,92	43.117	4.217	47.333	5,29	3,495	41,70	16,4	34,45	32,30
	T8	1,89	4,33	2,25	6,58	49.133	6.050	55.183	5,15	3,58	42,50	16,10	34,37	32,23
	T9	1,78	4,08	2,25	6,33	50.317	6.433	56.750	5,40	2,97	42,00	19,90	34,37	32,23
	T10	1,88	4,25	3,33	7,58	45.283	5.617	50.900	5,195	3,117	44,90	16,5	34,37	32,23
	T11	1,84	4,00	3,00	7,00	43.900	8.433	52.333	5,60	3,68	44,60	16,70	34,37	32,23
	T12	1,81	3,75	2,50	6,25	37.000	5.817	42.817	5,21	3,28	46,3	21,00	34,37	32,23
	T13	1,92	3,58	2,33	5,92	40.133	8.167	48.300	5,44	4,00	44,50	16,30	34,37	32,23
	T14	2,03	3,67	2,83	6,50	47.383	10.817	58.200	5,40	3,70	49,30	17,40	34,45	32,30
	T15	1,85	3,92	3,00	6,92	39.817	8.200	48.017	5,54	3,44	45,2	17,20	34,37	32,23
BIV	T1	1,49	2,58	2,25	4,83	27.700	6.750	34.450	4,61	3,53	44,60	26,90	34,37	32,23
	T2	1,80	4,33	2,08	6,42	45.083	9.500	54.583	4,95	3,21	42,10	20,10	34,45	32,30
	T3	1,46	3,67	1,33	5,00	38.750	3.583	42.333	4,78	3,40	51,40	26,20	34,37	32,23
	T4	1,51	4,25	2,25	6,50	45.417	7.500	52.917	4,95	3,67	44,30	21,20	34,37	32,23
	T5	1,51	3,92	1,75	5,67	35.450	5.500	40.950	4,81	3,15	42,90	21,40	34,37	32,23
	T6	1,79	3,25	2,17	5,42	45.367	7.083	52.450	5,54	3,64	42,10	22,50	34,37	32,23
	T7	1,81	4,08	2,75	6,83	45.433	6.067	51.500	5,24	3,43	44,10	19,20	34,37	32,23
	T8	1,81	3,08	1,67	4,75	51.117	4.417	55.533	5,66	3,91	43,60	22,10	34,37	32,23
	T9	1,92	5,25	2,58	7,83	65.367	6.283	71.650	5,33	3,33	43,50	26,80	34,37	32,23
	T10	1,77	3,92	2,25	6,17	53.000	5.133	58.133	5,48	3,85	42,30	24,70	34,37	32,23
	T11	1,83	4,83	1,92	6,75	60.550	6.350	66.900	5,31	3,91	46,00	21,50	34,37	32,23
	T12	1,91	3,58	2,50	6,08	40.267	6.700	46.967	5,61	3,68	49,80	24,50	34,37	32,23
	T13	2,10	4,17	3,33	7,50	61.333	10.583	71.917	5,64	3,39	53,30	26,00	34,37	32,23
	T14	2,17	4,25	2,92	7,17	55.850	10.133	65.983	6,22	4,05	46,20	20,30	34,37	32,23
T15	2,04	4,08	2,25	6,33	48.733	9.583	58.317	5,65	3,77	48,60	23,10	34,37	32,23	

A25 .Resultados de análisis de suelos antes de la preparación del terreno.

Universidad Nacional de Asunción

Facultad de Ciencias Agrarias

Area de Suelos y Ordenamiento Territorial
Laboratorio de Servicio al Público
Planilla de resultados de análisis de suelos

Propietario: Pedro Sanabria
Departamento: Caaguazú Distrito: Caaguazú Fecha: 21/08/15

Nº	Lab.	Código	Prof. cm.	pH	Mat.Org. %	P mg/kg	Ca ⁺² -----	Mg ⁺² -----	K ⁺ -----	Na ⁺ -----	Al ⁺³ +H ⁺ -----	Clase Textural	Color	
													Munsell	Descripción
15	236i	M1	0-20	5,50	0,69	2,76	0,80	0,28	0,07	0,02	0,00	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo

Recorte rectangular

La siguiente tabla le ayudará a interpretar los resultados

Nivel	Mat. Org.	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al+H ⁺
Bajo	< 1,2	< 12	< 2.51	< 0.4	< 0.12	< 1.5	< 0.4
Medio	1,2 - 2,8	12 - 30	2.51 - 6.0	0.4 - 0.8	0,13 - 0,17	1.5 - 3.0	0.4 - 0.9
Alto	> 2,8	> 30	> 6.0	> 0.8	> 0,17	> 3.0	> 0.9

pH

< 5.6	Acido
5.6 - 6.4	Lig. Acido
6.5 - 7.4	Neutro
> 7.4	Alcalino

Q.A. DORALICIA ZACARIAS SERVIN

Responsable de los analisis

Observación: Los resultados analíticos corresponden a las muestras recibidas en nuestra laboratorio

A26. Resultado de análisis de suelo posterior a la cosecha de mandioca, en función a las enmiendas, en la camada de 0-15 cm.

Tratamientos	pH	Mat. Org. %	P mg kg ⁻¹	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	Na ⁺	Al ⁺³ +H ⁺	Clase Textural	Color	
										Munsell	Descripción
Sin enmienda R1	5,60	0,22	2,14	0,38	0,23	0,09	0,02	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Sin enmienda R2	5,70	0,61	2,04	0,38	0,23	0,07	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Sin enmienda R3	5,90	0,61	2,63	0,75	0,50	0,06	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Sin enmienda R4	5,80	0,67	0,49	0,19	0,11	0,04	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (15) R1	5,20	0,61	1,27	0,19	0,05	0,10	0,02	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (15) R2	6,20	0,55	4,77	0,56	0,54	0,09	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (15) R3	5,40	0,26	0,19	0,56	0,27	0,12	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (15) R4	5,20	0,39	2,34	0,19	0,09	0,06	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (30) R1	5,60	0,64	2,73	0,38	0,14	0,07	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (30) R2	5,80	0,39	2,92	0,19	0,14	0,10	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (30) R3	5,20	0,51	2,63	0,19	0,09	0,07	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco
Estiércol (30) R4	6,40	0,90	2,73	0,75	1,09	0,08	0,01	0	Areno Franco	5 YR 5/4	Marrón Rojizo Opaco

A27. Preparación de la parcela para la plantación de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.



A28. Delimitación de la parcela para la plantación de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.



A29. Plantación de rama semilla de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.



A30. Fertilización con estiércol bovino al voleo. Caaguazú, Paraguay 2016.



A31. Cosecha de raíces de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.



A32. Medición de raíces no comerciales de mandioca. Caaguazú, Paraguay 2016.

