



TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

MODALIDAD TESINA

Título:

**"EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS DE MANEJO
DEL CULTIVO DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN EL
NOROESTE DE CORRIENTES"**

Autor: Enrique Jacob Cruz

Directora: Ing. Agr. (Mgter) Ángela María Burgos

-2023-

ÍNDICE

1-Resumen.....	2
2-Introducción y antecedentes	3
3-Objetivos	5
3.i-Objetivos generales	5
3.ii-Objetivos específicos	5
3.iii-Hipótesis.....	5
4-Materiales y métodos	5
5-Resultados y Discusión	8
6-Conclusiones	14
7-Bibliografía	15

1-Resumen:

La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo que, por su bajo requerimiento nutricional, plasticidad ambiental, bajo costo de implantación, fácil manejo y flexibilidad en los tiempos de cosecha, permiten su buen desarrollo en la región NEA. El cultivo se destina principalmente a la producción de raíces tuberosas amiláceas ya sea para consumo en fresco y/o para la extracción de fécula. Por otra parte, las hojas de mandioca, que generalmente se desperdician en el campo, pueden utilizarse para alimentar el ganado por su valiosa concentración de proteína bruta (PB) que puede alcanzar en promedio un 20%.

Teniendo en cuenta todas estas características se propuso evaluar la productividad forrajera de dos cultivares, Paraguaya Cerro Azul y Campeona, bajo distintos sistemas de manejo. Dentro de estos, se presentan un manejo tradicional para producción de raíces, un manejo con doble propósito y un manejo forrajero. Entiéndase el primero como un sistema de plantación 1 x 1 m entre líneas y plantas (10.000 pl ha⁻¹) a cosecharse en el mes de Junio, sin poda; el segundo, un sistema de plantación 1 x 1 m entre líneas y plantas (10.000 pl ha⁻¹) podada en el mes de Marzo y a cosecharse en el mes de Junio; finalmente, el tercero consistente en un sistema de plantación 0,5 x 0,5 m entre líneas y plantas (40.000 pl ha⁻¹) podada en el mes de Marzo y a cosecharse en el mes de Junio.

A partir del desenvolvimiento de los procedimientos precedentes, el objetivo del trabajo ha sido determinar y concluir si la mayor densidad de plantas propuestas en el manejo forrajero, estimula la producción de hojas en detrimento de la producción de raíces; y si la aplicación de una poda temprana empleada en el manejo forrajero y doble propósito, reduce la productividad de raíces y aumenta la producción de follaje en el ciclo productivo.

Luego de llevadas a cabo las evaluaciones correspondientes, se comprobó que en el manejo de alta densidad de plantas no hubo detrimento de la producción de raíces en comparación con un manejo de baja densidad de plantas; por lo tanto, el manejo forrajero es muy conveniente a la hora de producir forraje en cantidad y de alta calidad proteica asociada al tercio superior de las plantas para alimentación animal.

Finalmente, la aplicación de una poda temprana (marzo) en el manejo forrajero y doble propósito no causó disminución significativa del peso individual de raíces ni diferencias estadísticas en términos de rendimiento de raíces. En cuanto a la producción de follaje, en el manejo forrajero se lograron rendimientos de materia seca del tercio superior de 2,5 y 3,0 veces más con el cv Campeona y con el cv PCA respectivamente en relación con el manejo doble propósito. En cuanto al manejo doble propósito una poda temprana tuvo un efecto positivo ya que el rebrote fue suficiente para compensar el efecto de la misma en el mes de Junio.

2-Introducción y Antecedentes:

Las hojas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) poseen un contenido de proteína bruta cercano a 22,7% (en base seca) por lo que se considera que podrían pasar a ser un derivado de alto valor agregado y de alto valor nutricional (**Giraldo et al., 2006, Gil Llanos, 2015**).

La implantación del cultivo de mandioca para la producción exclusiva de follaje, implica un manejo diferencial de densidades de plantación, manejo de fertilización, podas y cosecha que hasta ahora no se ha realizado en Argentina. Deben ser evaluadas las frecuencias de recolección, los materiales genéticos, los rendimientos, planes de fertilización, entre otros manejos específicos en el campo. Finalmente debe estudiarse la composición química y nutricional del material recolectado.

Gil Llanos (2015), recomienda para Colombia 4 a 6 cosechas en el año y especifica que la altura de corte del forraje se debe hacer a los 40 cm del suelo, lo que permite un mejor rebrote del nuevo material, favoreciendo el crecimiento de la planta. En las condiciones agroecológicas de Colombia, se obtienen producciones de 120 toneladas de forraje fresco por hectárea al año en promedio, dependiendo de la variedad, condiciones climáticas, tipo de suelo y fertilización. La cosecha del forraje se puede realizar de forma manual (con la ayuda de machetes), semi-mecanizada (con guadañas) o mecanizada.

La parte aérea de la mandioca se puede utilizar en la alimentación animal, sometiéndola a diferentes procesos, entre ellos la elaboración de ensilaje o secado del producto para diferentes especies y categorías de animales.

En general, el uso del forraje de mandioca para la alimentación de aves (pollo de engorde y ponedoras) se limita a ser usada en forma seca y, preferiblemente, debe provenir de cultivos con cortes periódicos. La inclusión de follaje no debe sobrepasar el 10% del total de la dieta en base seca y se utiliza como fuente de proteína y pigmentación de piel, grasa y yema de huevos. Para pollos de engorde, los niveles de forraje de mandioca recomendados no deben superar el 8% de inclusión en base seca de la dieta, debido al contenido de fibra que aporta el follaje (superior al 15%) (**Gil Llanos, 2015**).

Para porcinos, el forraje de mandioca se suministra como máximo el 10% de inclusión en la dieta. Se han realizado ensayos donde se puede suministrar follaje de mandioca en forma fresca a los cerdos en la etapa de levante; sin embargo, se recomienda un previo oreo de este producto para disminuir el contenido de HCN (ácido cianhídrico) y bajar el contenido de humedad del mismo (**Gil Llanos, 2015**).

En bovinos, se puede suministrar 15 a 30 kg de forraje fresco de mandioca por animal. El uso de follaje no está limitado para esta especie. Se puede suministrar de diversas formas: En fresco: con previo oreo de 12 horas, se puede picar y adicionar con otros forrajes. Ensilaje: cosechar el producto y dejarlo orear (5 horas), picarlo y, al momento de ensilar, adicionarle melaza a razón del 8% como fuente de carbohidratos o en mezcla con otros productos que aporten energía. En forma seca: picado y secado en patios de cemento para adicionarle otras materias primas. Otra alternativa: elaboración de bloques nutricionales, utilizando harina de raíces de mandioca como compactante y energizante (**Gil Llanos, 2015**).

Un análisis del contexto donde este proyecto se desarrollará, demuestra que, de la totalidad de la superficie de la provincia de Corrientes destinada a actividades agropecuarias, el 93% se destina a actividades ganaderas, casi siete millones de hectáreas. De las seis zonas agroeconómicas en que se divide la Provincia, cuatro son principalmente ganaderas. En cuanto a la orientación de la producción solo el 2% de la superficie agropecuaria provincial corresponde a actividades agrícolas puras, el 57 % corresponde a ganaderas puras, el 4% a mixtas agrícolas-ganaderas y el 37% a mixtas ganadero-agrícolas (**Acosta et al., 2009**).

Dentro de la problemática de la producción agropecuaria que se ha tenido en cuenta para abordar el presente proyecto, se presenta lo planteado por **Martínez et al. (2016)**, quienes definen a los pastizales del nordeste argentino (NEA), como de pobre calidad, debido a que poseen bajo porcentaje de proteína, alto contenido de pared celular lignificada -casi indigerible- y un marcado déficit en carbohidratos solubles. De esta manera, las limitantes a la productividad animal ejercidas por las fibras de baja calidad, los reducidos contenidos proteína bruta (PB) y las elevadas tasas de fibra detergente neutra (FDN), generan efectos negativos sobre el consumo voluntario y la digestibilidad. Otro de los Juniores problemas que afronta la ganadería en épocas frías es la escasez de precipitaciones, lo que limita el crecimiento de pastizales naturales y/o pasturas cultivadas. Constituidos prioritariamente por gramíneas, el heno de los pastizales zonales se caracteriza por sus bajos valores proteicos y escasa digestibilidad, presentándose un déficit en cantidad y calidad de forraje para los rumiantes.

Como contraparte, ha sido probado que ensilar los productos de la mandioca es una alternativa viable para épocas de escasez de alimentos, donde se tiene la oportunidad de suministrar un producto similar a su estado fresco (**Uset, 2009**).

Por otra parte, se ha tenido en consideración lo explicitado por **Pochón et al. (2010)**, quienes manifiestan que el uso de materias primas regionales no tradicionales en la alimentación animal (como mandioca, batata, algunas leguminosas, caña de azúcar, entre otros) permite la reducción de los costos de producción con el consiguiente ahorro de divisas, promoviendo el desarrollo de nuevas industrias basadas en la transformación de productos industriales en alimentos para animales y, finalmente, determinan una disminución en el precio de los insumos. Asimismo, plantea que la información sobre el valor nutritivo de los alimentos alternativos es muy escasa en nuestra zona y que para incluirlos en las dietas es necesario caracterizar sus propiedades nutritivas.

3-Objetivos:

3.i-Objetivo General:

Evaluar la Productividad y Calidad Forrajera de las hojas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) bajo distintos sistemas de manejo.

3.ii-Objetivos Específicos:

- 1-Evaluar el efecto del factor densidad de plantas sobre la productividad y calidad del follaje.
- 2-Evaluar el efecto de la poda sobre la productividad y calidad de raíces.

3.iii-Hipótesis:

- 1- La mayor densidad de plantas estimula la producción de hojas en detrimento de la producción de raíces.
- 2- La aplicación de una poda temprana reduce la productividad de raíces y aumenta la producción de follaje en el ciclo productivo.

4-Materiales y Métodos:

4.i-Lugar de experimentación: Campo Didáctico y Experimental de la FCA UNNE, sito en la Ruta Nacional N°12, km 1031, en el Dpto Capital de la Provincia de Corrientes.

4.ii-Clima: Se caracteriza por presentar precipitaciones promedio anuales de 1300 mm, y temperaturas medias anuales de 21,6°C. El período libre de heladas es de 340 a 360 días por año y la frecuencia de ocurrencia de las mismas es de 0,5. Tomando la clasificación de Köppen modificada, el clima en la región se clasifica como mesotermal húmedo, Cf w'a (h) (Murphy, 2008).

4.iii-Suelo: Es clasificado como Udipsamment árgico, familia mixta, hipertérmica, perteneciente a la serie Ensenada Grande, presenta una granulometría gruesa en superficie, mediano a débilmente ácido en el horizonte A, arenoso. Son suelos de baja fertilidad, baja capacidad de intercambio catiónico, pero con buenas condiciones físicas asociadas a su textura arenosa (Escobar *et al.*, 1990).

Particularmente la serie de suelos Ensenada Grande, ha sido clasificada específicamente para el cultivo de caña de azúcar como moderadamente apta con manejo básico y muy apta con manejo más tecnificado que incluye material genético de origen conocido, fertilización anual, manejo de malezas y distanciamiento entre surcos de 1,4 a 1,6 metro entre los principales manejos (Perucca y Kurtz, 2009).

4.iv-Material biológico: se evaluaron dos cultivares de mandioca disponibles en el huerto clonal de la Cátedra de Cultivos III (FCA UNNE), denominados:

- cv. Paraguay Cerro Azul
- cv. Campeona

4.v-Diseño del Experimento:

Cada tratamiento estuvo representado por un factorial que surgió de las combinaciones de los cultivares (2) en sí mismos implantados en alta densidad (40.000 pl ha⁻¹) y baja densidad (10.000 pl ha⁻¹) a los fines forrajeros, de corte del follaje (en Marzo y Junio). Quedando determinados 6 tratamientos (Tabla 1). Para lograr 40.000 pl ha⁻¹ el marco de plantación fue de 0,50 x 0,50 m entre líneas y plantas y para lograr 10.000 pl ha⁻¹ el marco de plantación fue de 1 x 1 m entre líneas y plantas. Las podas (cosechas de follaje) consistieron en la extracción del tercio superior de la planta, a una altura definida en cada caso según la respuesta del clon en particular.

Los tratamientos se distribuyeron siguiendo un diseño en bloques completos al azar. Se realizaron 3 repeticiones. Los tratamientos se aleatorizaron al azar para que en cada repetición o bloque se encontraran 1 vez cada uno.

Factores de variación considerados para el diseño del experimento:

MATERIALES GENÉTICOS:

CV: PARAGUAYA CERRO AZUL (PCA)

CV 2: CAMPEONA (C)

PODA:

PODA DEL 1/3 SUPERIOR EN MARZO (13/03/20) Y JUNIO (10/06/20)

PODA DEL 1/3 SUPERIOR SOLO EN JUNIO (10/06/20)

DENSIDAD DE PLANTACIÓN:

BAJA: 10.000 pl/ha (1 m x 1 m)

ALTA: 40.000 pl/ha (0,5 m x 0,5 m)

La parcela experimental constaba de 7 m X 6 m = 42 m² con 9 líneas con 7 plantas los primeros 3 líneas y los últimos 3 líneas, y 12 plantas los 3 líneas ubicados en el centro de la parcela, lo que da 78 plantas en el total de la parcela.

De los 9 líneas, los 2 laterales junto con los líneas 4 y 6 se consideraron borduras, por lo que se encontraron 5 líneas muestreables de los cuales el 2^{do} y 7^{mo} línea presentaron una densidad de 10.000 pl/ha con cosecha de raíces y hoja a fin de ciclo (Junio), el 3^{er} y 8^{vo} línea presentaron una densidad de 10.000 pl/ha con cosecha de hoja en Marzo y Junio y de raíces en Junio y el 5^{to} línea tenía una densidad de 40.000 pl/ha con cosecha de hoja en Marzo y Junio y de raíces en Junio.

Trat.1: cv PCA a 1 m x 1 m a cosecharse en Junio, sin poda.

Manejo Tradicional para
producción de raíces

Trat. 2: cv. C a 1m x 1m a cosecharse en Junio, sin poda.

Trat. 3: cv. C a 0,5 m x 0,5 m podada en Marzo y a cosecharse en Junio.

Manejo
Forrajero

Trat 4: cv. PCA a 0,5 m x 0,5 m podada en Marzo y a cosecharse en Junio.

Trat. 5: cv. PCA a 1 m x 1 m podada en Marzo y a cosecharse en Junio.

Manejo con Doble
Propósito

Trat. 6: cv. C a 1 m x 1 m podada en Marzo y a cosecharse en Junio.

Los dos tratamientos que surgieron de la combinación de los cultivares en alta densidad con una sola poda de follaje en Junio (sin poda de Marzo), fueron excluidos del ensayo dado que el concepto del manejo forrajero busca maximizar la producción de follaje en el tiempo y un solo corte del mismo resulta en un despropósito productivo.

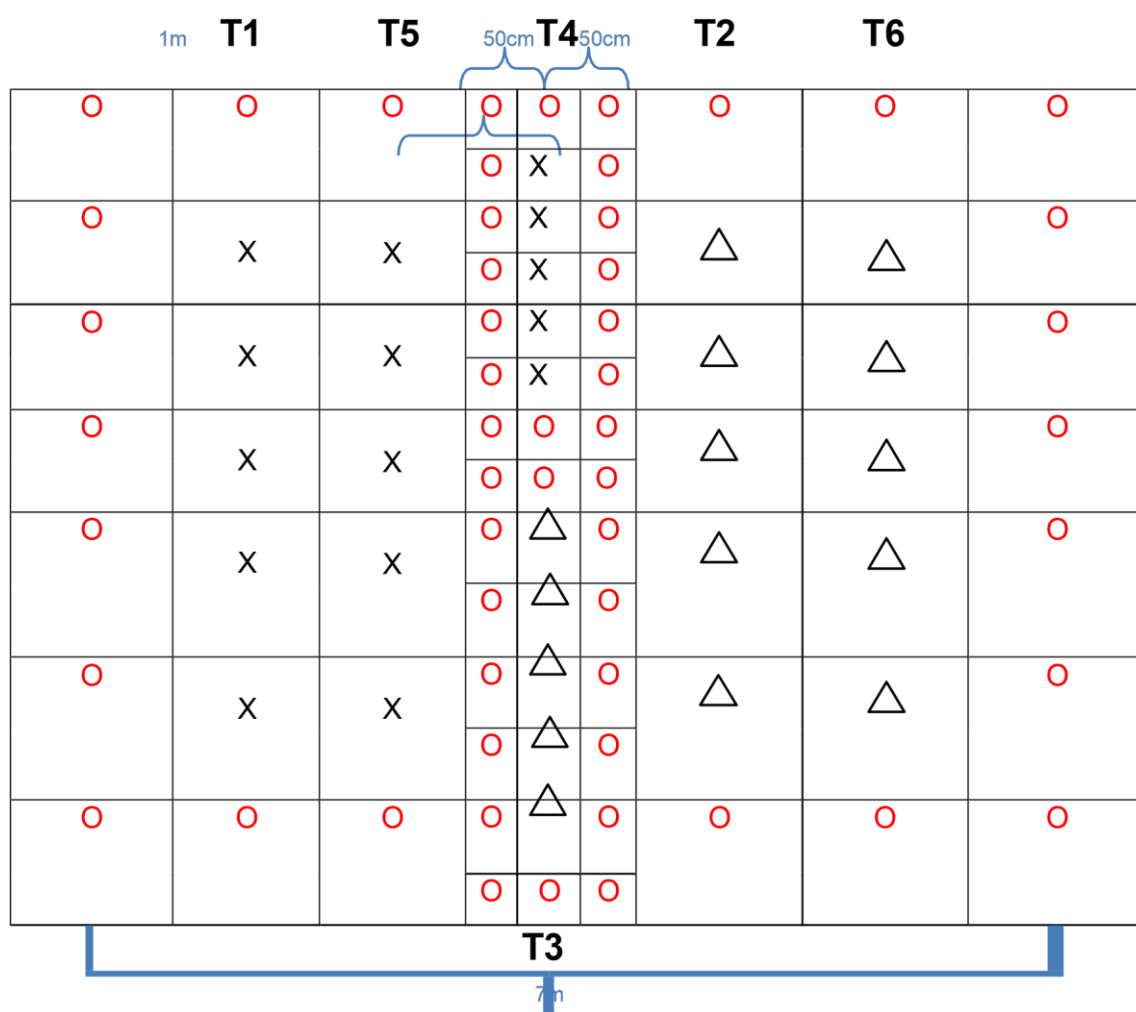


Figura 1. Esquema de distribución de tratamientos por cada bloque. Referencia: O: borduras.

4.vi-Manejo del Experimento:

- Fecha de plantación: 18/09/2019.
- Posición de estacas en plantación: Verticales.
- Conducción del cultivo:
 - Fertilización: Los tres bloques recibieron el mismo manejo en términos de fertilización, el cual consistió en la aplicación de 30 gramos por planta de urea granulada incorporada al suelo el 05/02/2020. La disponibilidad de nitrógeno para la producción de materia seca es primordial, más aún si nuestro objetivo es la producción de follaje para alimentación animal.
 - Control de malezas: El control de malezas fue químico, el cual consistió en la aplicación de Quizalofop en una dosis de 2 L ha⁻¹ en 100 litros de agua el 21/11/19 y Dual Gold en una dosis de 2 L ha⁻¹ en 100 litros de agua a fines del mes de diciembre.
 - Disponibilidad hídrica: el cultivo no recibió aportes suplementarios de agua por riego.

4.vii-Variables Registradas:

- Peso de materia verde y materia seca aérea del tercio superior de las plantas (g/planta) en Marzo, Junio y el acumulado de ambos meses.
- Estimación del peso de materia verde y materia seca del tercio superior de las plantas (kg/ha) en Marzo, Junio y el acumulado de ambos meses.
- Peso de la materia verde aérea total del resto de la planta (tallo medio e inferior y hojas de estas porciones) en Junio (g/planta) y estimación del peso de materia verde (kg/ha).
- Contenido porcentual (%) de materia seca del follaje en Marzo, Junio y un promedio de ambos meses. Esta se determinó después del secado de las muestras frescas en estufa a 70°C hasta peso constante.
- Peso de raíces tuberosas comerciales y no comerciales por planta y estimación en la hectárea (kg/planta y kg/ha) en el mes de Junio.
- Altura de la planta medida desde el cuello (cm) hasta el ápice del tallo de las plantas no podadas en el mes de Junio.
- Altura del rebrote (desde la cicatriz de la poda anterior) al ápice del tallo (cm) en el mes de Junio, de las plantas de los tratamientos que incluían poda de Marzo.

Con todas estas determinaciones se logró obtener un perfil de producción de biomasa del follaje en el tiempo para las diferentes prácticas de manejo de los cultivares de mandioca.

4.viii-Análisis Estadístico:

Para el análisis estadístico de los datos, los valores de las distintas variables fueron analizadas mediante el test de comparaciones múltiples correspondiente, considerando la diferencia mínima significativa (d.m.s.) para $\alpha=0,05$. Previo al análisis de los datos se confirmó la distribución normal de los mismos. Los datos que no presentaron distribución normal fueron transformados usando Log 10 para realizar posteriormente un análisis de la varianza (ANOVA) y posterior separación de medias por el Test de Tukey ($p = 0,05\%$). Los análisis estadísticos (ANOVA y test de Tukey) se realizaron con el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2017).

5-Resultados y Discusión:

Tabla 1: Contenido de materia seca (%), peso seco individual (g planta⁻¹) y rendimiento (kg ha⁻¹) de materia seca del tercio superior de las plantas de mandioca sometidas a los diferentes tratamientos. Corrientes, marzo 2020.

MARZO			
TRATAMIENTO	MATERIA SECA TERCIO SUPERIOR (%) (*)	MATERIA SECA INDIVIDUAL TERCIO SUPERIOR (g planta ⁻¹) (*)	MATERIA SECA TERCIO SUPERIOR (kg ha ⁻¹)(*)
3	28,57 A	36,13 A	1445,67 B
4	30,52 A	39,27 A	1570,49 B
5	29,09 A	33,47 A	335,80 A
6	31,48 A	38,80 A	387,86 A
CV(%)	2,52	7,97	4,34

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05\%$)

Sea cual fuere el tratamiento, los resultados que se presentan en la Tabla 1 no denotan diferencias en el contenido de materia seca (%) del tercio superior, ni la producción individual de materia seca del tercio superior de plantas podadas en marzo (g planta^{-1}), lo que se traduce en diferencias estadísticas de rendimiento (kg ha^{-1}) asociadas al incremento de la densidad de plantación de los tratamientos 3 y 4 ($40000 \text{ plantas ha}^{-1}$) respecto de la densidad de los tratamientos 5 y 6 ($10000 \text{ plantas ha}^{-1}$).

Tabla 2: Contenido de materia seca (%), peso individual (g planta^{-1}) y rendimiento (kg ha^{-1}) de materia seca del tercio superior de las plantas de mandioca sometidas a los diferentes tratamientos. Corrientes, junio 2020.

JUNIO			
TRATAMIENTO	MATERIA SECA TERCIO SUPERIOR (%)	MATERIA SECA INDIVIDUAL TERCIO SUPERIOR (g planta^{-1}) (*)	MATERIA SECA TERCIO SUPERIOR (kg ha^{-1})(*)
1	30,02 A	62,86 AB	628,62 AB
2	27,70 A	82,71 B	827,12 B
3	25,95 A	53,65 A	2145,89 C
4	28,34 A	39,39 A	1575,70 C
5	29,62 A	43,03 A	430,28 A
6	27,49 A	83,34 B	833,41 B
CV(%)	12,42	10,73	6,03

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Sea cual fuere el tratamiento, los resultados que se presentan en la Tabla 2 no denotan diferencias en el contenido de materia seca (%) del tercio superior en el mes de junio.

Al cosechar en junio se observa que la producción individual de las plantas del cv Campeona (T2 y T6) implantadas a una densidad de 10.000 plantas/ha ya sea con (T6) o sin (T2) poda son significativamente superiores al de aquellas que se encuentran en mayor densidad (T3). Aquí podemos decir que a mayor densidad de plantas (T3), la producción individual de materia seca del tercio superior es significativamente menor. Es sumamente interesante destacar que el rebrote post-poda del cv Campeona asociado al T6 respecto de las plantas no podadas del T2, ha resultado tan elevado como para que no se detecten diferencias estadísticas en la materia seca del tercio superior de la cosecha de junio por efecto de la poda (Tabla 2). Si bien la producción individual de las plantas a mayor densidad (T3) es significativamente menor respecto del T2 y T6, finalmente el rendimiento por hectárea es compensado por el mayor número de plantas.

En el cv PCA, se observó que la poda (T5) del tercio superior realizada en marzo no causó una disminución significativamente diferente de la producción individual de las plantas sin poda (T1) en junio. La diferencia observada no llega a ser significativa por lo que a la práctica de la poda temprana de marzo también responde este cultivar (Tabla 2).

Al igual que con el cv Campeona, si bien la producción individual de las plantas del cv PCA a mayor densidad (T4) es significativamente menor respecto del T1 y T5, finalmente el rendimiento por hectárea es compensado por el mayor número de plantas (Tabla 2).

Con 40.000 plantas por hectárea se poda en marzo y en junio alcanzando rendimientos por hectárea de materia seca del tercio superior que superan 2,5 veces en cv Campeona y 3,0 veces en el cv PCA respecto del manejo a una densidad de 10.000 plantas por hectárea. Con 10.000 plantas por hectárea para ambos cultivares es conveniente podar tercio superior en marzo y cosechar en junio porque el rebrote es suficiente para compensar el efecto de la

poda: Este sistema resultaría apto para agregar valor a los modelos tradicionales de producción regional.

Tabla 3: Peso individual (g planta⁻¹) y rendimiento (kg ha⁻¹) de materia seca del tercio superior de las plantas de mandioca de los diferentes tratamientos sometidos a podas en marzo 2020 y cosechadas en junio 2020.

TRATAMIENTO	MATERIA SECA INDIVIDUAL TERCIO SUPERIOR (g planta ⁻¹)		MATERIA SECA TOTAL TERCIO SUPERIOR (kg ha ⁻¹)		
	MARZO	JUNIO	MARZO (*)	JUNIO (*)	Acumulado (*)
3	36,13 A	53,65 A	1445,67 B	2145,89 C	3591,56 B
4	39,27 A	39,39 A	1570,49 B	1575,70 BC	3146,19 B
5	33,47 A	43,03 A	335,80 A	430,28 A	765,08 A
6	38,80 A	83,34 B	387,86 A	833,41 AB	1221, 27 A
CV(%)	7,97	10,73	4,34	4,61	4,66

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) (*) Transformadas en Log 10

Si bien en el rendimiento de junio puede observarse que, el producto del rebrote del cv Campeona (T3) sería 25% mayor al del cv PCA (T4), la diferencia no llega a ser significativa (Tabla 3). De cualquier manera, al sumar el rendimiento de ambas colectas, no se establecen diferencias entre clones y esto resulta ser el dato más importante (Tabla 3).

En el manejo forrajero con 40.000 plantas por hectárea (T3 y T4) ambos cultivares rinden igual cantidad de follaje seco del tercio superior como producto de la sumatoria del corte de marzo más junio, que en promedio es de 3368 kg/ha de materia seca (Tabla 3).

En el manejo doble propósito, con 10.000 plantas por hectárea ambos cultivares rinden estadísticamente la misma cantidad de follaje seco del tercio superior como producto de la sumatoria del corte de marzo más junio, y esto ronda en 993 kg/ha de materia seca. De cualquier manera, cabe destacar que, bajo este manejo de doble propósito, el cv Campeona rinde 37% más materia seca foliar por hectárea que el cv PCA.

El cv Campeona se perfila en todos los casos como de mayor potencial forrajero para las condiciones agroecológicas de este experimento.

La acumulación de materia seca es constante durante todo el ciclo de crecimiento, las plantas acumulan muy poco peso durante los dos primeros dos meses. A partir del segundo mes, el incremento es mayor y a una tasa constante hasta el octavo o noveno mes en que comienza el reposo invernal (Cadavid, 1988).

Según varios autores (Howeler, 1981; Howeler y Cadavid, 1990; Cadavid, 1988), la acumulación de materia seca disminuye después de los seis meses en las hojas (lámina foliar y pecíolo), pero continua en los tallos y en las raíces tuberosas.

Para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados sobre la producción de raíces y otras variables biométricas, se realizaron mediciones, estimaciones y análisis estadísticos que se presentan en las Tablas 4, 5 y 6 y se ilustran en la Figura 1.

Tabla 4: Peso individual (g planta⁻¹) y rendimiento de raíces totales (kg ha⁻¹) de las plantas de mandioca sometidas a los diferentes tratamientos. Corrientes, junio 2020.

TRATAMIENTO	Peso de raíces (*) (g planta ⁻¹)	Rendimiento de raíces (*) (kg ha ⁻¹)
-------------	--	--

1	570,00 B	5703,33 B
2	319,67 A	3196,67 A
3	416,60 AB	16664,00 C
4	474,40 AB	18976,00 C
5	492,85 AB	4927,50 AB
6	347,00 A	3470,00 A
CV%	7,13	4,86

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) (*) Transformadas en Log 10

El cv PCA (T1) tiene una producción individual de raíces (g planta^{-1}) 44% mayor que la del cv Campeona (T2) en un manejo tradicional, lo que resulta en una diferencia estadísticamente significativa (Tabla 4). En términos de elección del material genético para producción de raíces en las condiciones agroecológicas de la zona de estudio, debería recomendarse tener en cuenta ese factor ya que la correcta elección de un material genético es la tecnología más barata disponible para un productor (Romero et al., 2009).

En estas circunstancias el cv PCA se recomienda por su mayor producción de raíces (g planta^{-1}).

Entre los demás manejos forrajeros (T3 y T4) y doble propósito (T5 y T6) no se manifestaron diferencias estadísticas entre sí y tampoco diferencias significativas respecto de los tratamientos del manejo tradicional (T1 y T2) en lo que respecta a la producción individual de raíces por planta. De esta manera se observa que la poda de marzo no causa reducción significativa del peso individual de raíces (Tabla 4).

Al analizar el rendimiento de raíces (kg ha^{-1}), el factor densidad de plantas resulta determinante, ya que a mayor densidad de plantas mayor rendimiento de raíces porque este factor no afecta la producción individual. Las diferencias estadísticas en términos de rendimiento de raíces por hectárea solo responden al componente numérico del rendimiento asociado a la densidad de plantas por hectárea (T3 y T4) y no al peso individual de raíces por planta.

Para poder evaluar si la poda de marzo, a los 6 meses de plantado, causa efectos sobre la cosecha de raíces a los 9 meses (junio), se realizaron los análisis entre los tratamientos en los que solo difiere la aplicación de ese factor.

Tabla 5: Rendimiento de raíces a los 9 meses de tratamientos plantados con una densidad de 10.000 plantas ha^{-1} del cultivar PCA sin (T1) y con (T5) poda y del cultivar Campeona sin (T2) y con (T6) poda aplicada a los 6 meses de plantados.

Tratamiento	Rendimiento de raíces (*) (kg ha^{-1})	Tratamiento	Rendimiento de raíces (*) (kg ha^{-1})
1	5703 A	2	3196 A
5	4927 A	6	3470 A
Cv (%)	5,43	Cv (%)	5,14

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) (*) Transformadas en Log 10

En la Tabla 5 se observa que la poda no causó detrimento en el rendimiento de raíces de los cultivares sometidos a evaluación. En coincidencia con estos resultados, Montaldo (1979) cita un trabajo realizado en Maracay, en el cual la poda de la mandioca a los 8 meses, en cultivares que se cosechan normalmente a los 12 meses, permite una mayor cosecha de follaje para ser utilizado como fuente de proteína en la alimentación animal, sin deterioro aparente de la producción de raíces reservantes. El momento de la poda realizada por Montaldo (1979) al igual que la de este experimento, coinciden en el tercio final del ciclo del

cultivo (a los 8 meses en un ciclo de 12 meses y a los 6 meses en este ensayo en un ciclo de 9 meses) por lo que los efectos resultan comparables.

Teniendo en cuenta el factor densidad de plantas, todos los resultados apuntan a que un manejo forrajero es mucho más conveniente, por su mayor rendimiento asociado a su densidad poblacional y también porque existe una relación directamente proporcional donde a mayor densidad de plantas, mayor rendimiento de raíces, porque no se ve afectada la producción individual de cada planta (Tabla 5).

El cv PCA se perfila en todos los casos como de mayor potencial en producción de raíces para las condiciones agroecológicas de este experimento.

Tabla 6. Variables biométricas medidas en Corrientes en el mes de Junio de 2020 en plantas sometidas a los diferentes tratamientos asociadas a la altura del tallo (cm), peso fresco de tallos (g planta⁻¹), peso fresco del tercio superior (g planta⁻¹) y peso fresco de las hojas restantes de las plantas (g planta⁻¹).

Tratamiento	Altura de tallo (cm)*	Peso fresco del tallo * (g planta ⁻¹)	Peso fresco del tercio superior * (g planta ⁻¹)	Peso fresco de hojas restantes (g planta ⁻¹)
1	105,73 B	464,60 BC	209,40 AB	171,40 CD
2	132,20 D	549,33 C	298,60 B	236,60 D
3	125,73 CD	341,67 AB	206,73 A	87,47 B
4	109,80 B	295,80 A	139,00 A	29,29 A
5	87,17 A	349,33 AB	145,27 A	90,73 B
6	85,47 AB	431,60 ABC	303,17 B	116,47 BC
Cv (%)	3,06	6,37	8,14	11,87

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de datos relativos a la altura de las plantas de mandioca en el mes de junio sometidas a diferentes tratamientos, pone en evidencia la que en condiciones de manejo tradicional (T1 y T2) el cv Campeona (T2) es significativamente más alto que el cv PCA. En un manejo forrajero (T3 y T4) nuevamente el cv Campeona (T3) supera en altura al cv PCA mientras que bajo manejo de doble propósito (T5 y T6) las diferencias no son significativas entre cultivares. La poda realizada en marzo a tratamientos plantados en alta densidad 40.000 plantas/ha (T3 y T4) hizo que las plantas crezcan y superen a aquellas que fueron podadas pero que se encontraban en baja densidad de plantación 10.000 plantas/ha (T5 y T6). La alta densidad de plantación promueve el crecimiento en altura de las plantas.

En términos del peso fresco del tallo, se observa que en un manejo tradicional (T1 y T2) las diferencias entre tratamientos no son significativas, dentro del manejo forrajero no hay diferencias entre tratamientos (T3 y T4) y finalmente tampoco hay diferencias entre tratamientos dentro del manejo de doble propósito (T5 y T6) en relación al factor asociado a los materiales genéticos (Tabla 6)

El peso fresco del tercio superior de la planta resulta ser significativamente mayor en el T2 y T6, tratamientos asociados al cv Campeona en 10.000 plantas por hectárea independientemente de la poda, lo que demuestra que el rebrote de este material genético es importante, pero con 40000 plantas por hectárea el peso individual del brote es menor (Tabla 6). Estos resultados se corresponden con los valores de la misma variable expresados en materia seca y mostrados en la Tabla 2, correspondiente al mes de junio.

Finalmente, en el experimento el menor peso fresco de las hojas restantes del tallo se presenta en el cv PCA en alta densidad (T4), y los mayores valores se encuentran en tratamientos (T1 y T2) donde las plantas presentan más espacio para su expansión, sin podas en baja densidad (Tabla 6)

Es interesante mencionar que con el T1 (cv PCA) se pueden rescatar 1,7 tn/ha de hojas frescas restantes y con el T2 (cv Campeona) se llega a 2,3 tn/ha, lo que se traduce en 25% más de hojas asociadas al cv Campeona (Tabla 6).

También debe destacarse que con el manejo forrajero con el T3 (cv Campeona) se rescatan hasta 0.87 tn/ha de hojas frescas y con el T4 (cv PCA) solo 0.29 tn/ha, lo que representa la tercera parte del primer valor.

Cuando se produce para doble propósito se rescatan 0,9 tn/ha de hojas frescas del cv PCA (T5) y 1,16 tn/ha del cv Campeona (T6).

Al observar estos resultados podemos inferir que ya sea un manejo tradicional, doble propósito o forrajero; el cv Campeona tuvo más remanente de hojas en el tallo.

Estas hojas se pueden suministrar en forma directa o se conservan como silo o como heno (Gil Llanos, 2015)

Finalmente, al realizar una poda temprana, a los 6 meses del ciclo del cultivo, resulta conveniente realizarla cualquiera sea el caso (alta o baja densidad). Para el caso de un manejo forrajero, no solo no hubo detrimento de la producción de raíces, sino que, gracias al componente numérico de plantas, se obtuvo un rendimiento razonable que sería empleado con propósito forrajero como fuente de energía y vitaminas. En Misiones, especialmente en zonas cercanas a los establecimientos procesadores, un recurso muy utilizado como suplemento de la alimentación de bovinos es el afrecho de mandioca, un subproducto de la elaboración de la harina de mandioca.

En un manejo de baja densidad tampoco hubo detrimento en la producción de raíces.

El análisis de sistemas de manejo nos lleva a plantear ciertas relaciones que se manifiestan en la Tabla 7.

Tabla 7. Rendimiento promedio de raíces y de materia seca y fresca bajo tres sistemas de manejo del cultivo de mandioca y sus relaciones porcentuales respectivas.

Manejo	Rendimiento de raíces (kg/ha) (1)	Rendimiento materia seca tercio superior (kg/ha) (2)	Relación porcentual entre 1 y 2	Rendimiento de materia fresca tercio superior (kg/ha) (3)	Relación porcentual entre 1 y 3
Convencional (10000 plantas/ha sin poda)	4400	727	16,5	2535,5	57,6
Forrajero (40000 plantas/ha con poda)	17820	3368	18,0	6880	38,6
Doble Propósito (10000 plantas/ha con poda)	4198	993	23,0	2240	53,3

Buitrago et al. (1990), determinó que en un esquema convencional al momento de cosechar raíces también puede recolectarse la parte útil del follaje (tercio superior), siendo que el rendimiento del follaje puede fluctuar entre 10 a 20% con respecto del rendimiento de raíces según variedades, clima y manejo. En este experimento el rendimiento de raíces del esquema convencional (T1 y T2) fue en promedio de 4400 kg/ha y el de materia seca del tercio superior ha sido de 727 kg/ha lo que representa el 16,5%. Si se establece la relación respecto de la materia fresca calculada de 2535 kg/ha la relación sería de 57%. Si bien la producción de

follaje en este esquema es secundaria, se pueden obtener cantidades de materia seca aérea suficiente para cubrir las deficiencias proteicas de las raíces.

En un manejo doble propósito, resulta importante saber que la cosecha de hojas de marzo no afecta la producción de raíces, más aún porque bien se sabe que la colecta de follaje más temprana, en este caso del mes de marzo, será más palatable y con mayor cantidad y mejor calidad nutricional (Buitrago et al., 1990). Esto redundó en 4198 kg/ha de raíces a lo que se sumó una cosecha acumulada de forraje de 993 kg/ha de materia seca, que establece una relación de 23% o de 53% términos de materia fresca.

En un manejo de alta densidad con fines exclusivamente forrajeros pudo colectarse 3368 kg/ha de materia seca acumulada en dos colectas que en relación a la producción de raíces de 17820 kg/ha establece una relación de 18%, o de 38,6% en materia fresca de follaje.



Figura 2: Medición de brotes, extracción de las hojas del tercio superior y de totalidad de las hojas de las plantas para pesado de tallos y hojas y su posterior secado en estufa.

6-Conclusiones:

- 1- La poda de marzo, en plantaciones de mandioca en alta densidad, proporciona un incremento en la producción de follaje de alrededor del tanto por ciento proveniente del tercio superior de las plantas independientemente del cultivar empleado.
- 2- La sumatoria de las podas de marzo y junio del tercio superior de plantas en alta o baja densidad no mostraron diferencias estadísticas significativas entre cultivares,

pero en números reales las plantas en alta densidad rinden el doble y un poco más que las implantadas en baja densidad, sin detrimento de la producción de raíces, por lo que el manejo forrajero resulta más conveniente porque en promedio suma 1700 Kg/ha de raíces y 2800 Kg/ha de follaje mientras que el doble propósito da solo 3500 Kg/ha de raíces y 1300 Kg/ha de Follaje.

- 3- Como el rendimiento de raíces no disminuyó y la sumatoria de ambas cosechas no da diferencias de rendimiento de follaje, resulta más conveniente el doble propósito (T5 y T6).
- 4- El cv Campeona se perfila en todos los casos como de mayor potencial forrajero para las condiciones agroecológicas de este experimento.
- 5- El cv Paraguaya Cerro Azul se perfila en todos los casos como de mayor potencial en producción de raíces para las condiciones agroecológicas de este experimento.

7- Bibliografía:

-Acosta, F.; Giménez; C. Richieri y M. Calvi. 2009. Zonas Agroeconómicas Homogéneas Corrientes. INTA. 75 pp.

- Buitrago, J.; Gil Llanos, J.L., Ospina Patiño, B. 1990. La yuca en la alimentación avícola. CLAYUCA, 48 p.
- Cadavid, L. F. 1988. Efecto de la fertilización y humedad relativa sobre la absorción y distribución de nutrimentos en yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 290 p.
- Escobar, E.; Ligier, O.; Melgar, R.; Matteio, M. y Vallejos, O. 1994. Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itati de la Provincia de Corrientes. INTA-CFI-ICA, Corrientes, Argentina. 129 p.
- Gil Llanos, J.L. 2015. Uso de la Mandioca en la alimentación animal. Corporación CLAMANDIOCA. Palmira, Colombia, 21 p.
- Giraldo, A., R. Velasco y J. Aristizábal. 2006. Obtención de harina a partir de hojas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para consumo humano. Facultad de Ciencias Agropecuarias 34 Vol 4 No.1, pp 33-42.
- Howeler, H. 1981. Nutrición mineral y fertilización de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 52 p.
- Howeler, H. & Cadavid, L.F. 1990. Short and long-term fertility trials in Colombia to determine the nutrient requirements of cassava. Fertilizer Research, 26, 61-80.
- Martínez, E.V.; A.L.Slanac y C.D. Kucseva. 2016. Resultados de la amonificación con urea sobre la degradabilidad ruminal de *Hemarthria altissima* y *Cynodon nlemfuensis* en bovinos Revista Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste.t 27 (2): 93-97.
- Montaldo, A. 1979. La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica. 386 p.
- Murphy, G.M. (Ed.) (2008) Atlas Agroclimático de la Argentina. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina. 130 pp.
- Perucca, S. C. y Kurtz, D. B.2016. Evaluación de tierras para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el noroeste de la provincia de Corrientes, Argentina. Revista Agrotecnia 24: 11-16.
- Pochón, D.O., J.M. Navamuel, H.A. Koslowski, O. Balbuena, J. A. Picot. 2010. Efectos sobre variables productivas en la sustitución parcial de maíz por mandioca en raciones para cerdos en crecimiento. Revista Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. 21: 1, 38-42.
- Di Rienzo J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez ,L., Tablada, M. y Robledo, C.W (2017).Infostat Version 2010. Grupo Infostat, Fca, Universidadnacional De Cordoba, Argentina.
- Romero, E. R.; Digonzelli, P. y Scandaliaris, J. 2009. Manual del Cañero-1ª edición. Lasa Talitas Estación Experimentak Agroindustrial Obispo Colombres. 248 pp
- Uset, O.A. 2009. Utilización de raíces y parte aérea de mandioca en la alimentación animal. Boletín Técnico EEA NTA Montecarlo (Misiones, Argentina) 62: 6–11.

