



# TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

MODALIDAD TESINA

Título:

**“Comportamiento del cultivo de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) bajo diferentes sistemas de cultivo”.**

**Autor: Julio César Aguayo.**

**Directora: Ing. Agr. (Mgter) Angela Ma. Burgos.**

**-2018-**

## ÍNDICE

Resumen.....	3
Introducción y Antecedentes.....	4
Objetivos.....	7
Materiales y métodos.....	8
Discusión y Resultados.....	12
Conclusión.....	19
Anexo.....	20
Bibliografía.....	23

## Resumen

La mandioca es un cultivo que permite consociarse con diferentes especies, ocupando así espacios distintos en tiempos determinados, sin presentar mayores alteraciones en su rendimiento. El objetivo de este trabajo fue comparar la productividad de la mandioca cultivada, en un sistema consociado con otra especie en dos densidades diferentes, respecto al rendimiento en monocultivo. Analizar las modificaciones en la partición de biomasa y en la de elementos minerales de los diferentes órganos de las plantas de mandioca y evaluar el Uso Eficiente de la Tierra en los distintos sistemas de manejo. Los tratamientos consistieron en dos cultivos no consociados (T1: Mandioca; T4: Zapallo) y dos consociaciones (T2; T3) a diferentes densidades. Los tratamientos se dispusieron en bloques completos al azar y los resultados se analizaron estadísticamente a través del análisis de la varianza y separación de medias a través de la prueba de Tukey (0,05%). El ensayo se realizó en la localidad Capital de la Provincia de Corrientes, Argentina. Los resultados permiten concluir que el rendimiento y la calidad de raíces no se ven perjudicados por el sistema consociado con zapallo Tetzukabuto, el sistema de cultivo a menor densidad de plantas de mandioca en su distribución espacial permite lograr la mayor eficiencia del sistema, y demuestra su factibilidad. Los rendimientos de raíces por planta no se diferencian estadísticamente entre el monocultivo y los cultivos consociados, además de no causar variaciones de orden estadístico en las concentraciones de nutrientes. Los resultados indican que el monocultivo de la especie en cuestión, no superó al agrosistema de cultivo consociado mandioca-zapallo, cuyo beneficio redundaba también en poder producir otro cultivo complementario, en el mismo espacio y tiempo.

## Introducción y Antecedentes

La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) es una planta originaria de América Tropical, ampliamente cultivada por su producción de raíces amiláceas reservantes, desarrolla bien en suelos pobres y ácidos y es tolerante a la sequía. Prospera en climas con temperatura media anual de 20 a 27°C, por debajo de 15°C se inhibe su desarrollo (Ternes, 2002). Se adapta a distintos regímenes pluviométricos, desde 600 a 2.000 mm anuales, siendo los óptimos 1.300 mm anuales (Uset, 2008). En el mundo se la cultiva en distintas regiones de América, Asia y África, donde es el principal alimento de 300 millones de personas, siendo consumido históricamente por los sectores de menores ingresos (Ospina y Ceballos, 2002).

Se caracteriza por su gran diversidad de usos, tanto sus raíces como sus hojas pueden ser consumidas por humanos y animales, de maneras muy variadas. Los productos de la mandioca también pueden ser utilizados para la industria, principalmente a partir de la extracción de su fécula (Ospina y Ceballos, 2002).

El cultivo de mandioca se realiza en cerca de 180 naciones. Se estima que la producción total en el mundo es de 162,94 millones de toneladas, siendo los principales productores África 52 %, Asia 29 % y América del Sur con 19 %. En los últimos años se han incrementado las investigaciones en esta especie, y el uso de la biotecnología ha sido fundamental para su estudio y mejoramiento (Acosta *et al*, 2002).

Esta especie es una de las más eficientes productivamente, teniendo en cuenta sus requerimientos de nutrientes y la elaboración de biomasa, los rendimientos de raíces frescas bajo condiciones experimentales llegan a 90 T ha<sup>-1</sup> (Ospina y Ceballos, 2002); pero bajo condiciones de producción reales (en suelos marginales, con bajo contenido de nutrientes y climas más adversos, con condiciones subtropicales) el rendimiento de raíces frescas promedio a nivel mundial es de 12,84 T ha<sup>-1</sup> (Howeler, 2014).

El cultivo de mandioca particularmente en la Provincia de Corrientes es muy importante, más aun considerando que son los pequeños productores quienes lo realizan. Por otra parte, las condiciones de suelo y clima de esta provincia, son excelentes para el desarrollo de la especie; de

hecho la provincia posee alrededor de 17% de suelos caracterizados por su aptitud moderada a muy apta para el cultivo de mandioca (Gallego *et al.*, 1991).

Si bien en Corrientes se registran rendimientos promedios de 12 T ha<sup>-1</sup> de raíces (M.P.T.T., 2012) coincidentes con los promedios a nivel mundial antes mencionados; en ensayos experimentales llevados a cabo en esta misma región por investigadores de la FCA-UNNE, se han alcanzado rendimientos promedio de 30 T ha<sup>-1</sup>, basados en la aplicación de prácticas de manejo del cultivo de fácil aplicación (Cenóz y Burgos, 2012; Medina *et al.*, 2012). Por su parte, en ensayos realizados en la EEA INTA Cerro Azul de la Provincia de Misiones, donde se concentra cerca del 75% de la producción nacional, se relevaron rendimientos promedios de diferentes variedades de 26 T ha<sup>-1</sup> en sucesivas campañas agrícolas de la década del noventa (Morel, 1998).

El sistema de cultivo de mandioca más difundido en Argentina es el monocultivo (MC), con labranza convencional y plantación de estacas en un marco de 1 m entre plantas y entre surcos que dejan el suelo descubierto los primeros 3-4 meses del ciclo del cultivo, momento en el que recién el cultivo comienza a hacer una ocupación sustancial del espacio y cierra el entresurco. Por esta razón, se considera como un cultivo de ciclo largo, que no aprovecha en forma completa los factores luz, agua y nutrientes durante los tres primeros meses de su ciclo vegetativo, permitiendo la asociación con un cultivo de un ciclo más corto.

Una de las maneras de incorporar diversidad en los sistemas agrícolas productivos es el uso de especies asociadas en el espacio y en el tiempo como los cultivos consociados (CC) (Nicholls y Altieri, 2002). La coexistencia de diferentes especies establece una competencia parcial entre cultivos que utilizan diferentes recursos del ecosistema, o los mismos recursos pero en tiempo y espacios diferentes basados en el principio de producción competitiva (Sarandón y Labrador Moreno, 2002). El sistema de CC intensifica la producción y genera un uso más eficiente de los factores tierra y tiempo (Ruthenberg, 1971). En un sistema de CC la mejora en el resultado se obtiene a través de una menor competencia inicial entre el cultivo de ciclo corto y el de ciclo más largo y una menor competencia final intraespecífica en el cultivo de ciclo largo (Andrews y Kassam, 1976).

En términos de biomasa total y de rendimientos, los CC normalmente muestran una menor variabilidad que los MC, esto se refiere tanto a la producción de biomasa total del sistema como a las producciones individuales. Las causas para la mayor estabilidad, aparte del efecto compensatorio entre los cultivos, posiblemente radican en una reducida incidencia de enfermedades, plagas y malezas debido a la diversidad de la vegetación y una mayor y más temprana cobertura del suelo (Moreno y Hart, 1979). Esta tecnología de bajos insumos actualmente se ha difundido y constituye entre el 50 y el 80% de los sistemas de cultivo en zonas tropicales y subtropicales de pequeños productores rurales (Sarandón y Labrador Moreno, 2002).

La provincia de Corrientes concentra entre 22.000 y 25.000 pequeños productores, el Registro Nacional de Agricultores familiares (RENAF) tiene registrado solo 8.500 (Tutuy, M. *com-pers*, 2018) quienes cultivan superficies reducidas en forma permanente; en muchos casos, desde hace más de 150 años. Un factor común a todos ellos, es el elevado nivel de deterioro de los suelos, lo cual ocasiona bajos rendimientos en los principales cultivos de renta.

El gran desafío es transformar la agricultura convencional, con énfasis en MC, agresiva hacia el medio ambiente; en una agricultura diversificada, compatible con el medio ambiente y rentable para la familia rural (Ligier, 1997).

El uso de los CC se presenta como una alternativa válida, que permitiría la diversificación de la producción, el uso más eficiente de la tierra (UET) y del tiempo disponible, la reducción de la competencia de malezas y una mayor estabilidad de producción (Cenóz y Ferrero, 2002).

Particularmente el cultivo de mandioca asociado con otras especies genera beneficios económicos y productivos que favorecen a los pequeños productores del NEA (Cenóz *et al.*, 2010). En la zona de Corrientes, se efectuaron experiencias de cultivos asociados de mandioca-caupí, mandioca-batata y mandioca-maíz; habiéndose obtenido resultados satisfactorios, con rendimientos que superaron al MC y con beneficios económicos importantes (Cenóz *et al.*, 1995, 1998, 2010; Cenóz y Ferrero, 2002, Burgos *et al.*, 2015 a, b).

En este Trabajo Final de Graduación, la mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) se consideró como cultivo principal y fue el objeto de estudio, al que se asoció otra especie para evaluar su comportamiento. La especie elegida para consociar con mandioca fue el zapallo Tetzukabuto

(*Cucurbita máxima* x *Cucurbita moschatta*) cuyo ciclo de cultivo de tres meses, amplio marco de plantación e importancia económica en la Provincia de Corrientes (Pletsch, 2008 a, b) justifican la misma. De hecho, ambos cultivos tienen trascendencia social, histórica y económica en la provincia.

### Objetivos

- Comparar la productividad de la mandioca cultivada en un sistema consociado con otra especie, en dos densidades diferentes, respecto al rendimiento en monocultivo, a fin de poder recomendar el sistema más apropiado para la zona evaluada.
- Analizar las modificaciones en la partición de biomasa asimilada y en la de elementos minerales de los diferentes órganos de la mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) bajo los distintos sistemas de manejo.
- Evaluar el UET (Uso Eficiente de la Tierra) en distintos sistemas de manejo del cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), en monocultivo y en consociaciones con dos densidades diferentes de plantación.

## Materiales y Métodos

El lugar de realización del trabajo de campo fue el Centro Tecnológico de Producción (CETEPRO), ubicado en Ruta Nacional N° 12, Km. 1031 dependiente de la Dirección de Producción Vegetal del Ministerio de Producción de la Provincia de Corrientes. Los lotes de producción se distribuyeron sobre una superficie total de 928 m<sup>2</sup>, de 33 m por 28 m (Figura 4, en Anexo).

Se evaluaron dos sistemas de cultivo (MC y CC), distribuyéndose en 4 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones que fueron dispuestos en un diseño en bloques completos al azar (BCA).

El Tratamiento 1 (T1) fue el monocultivo de mandioca implantado en un marco de 1 m x 1 m que establece una densidad de 10.000 pl ha<sup>-1</sup>, que representó el manejo convencional que hacen los productores locales.

Los Tratamientos 2 (T2) y 3 (T3), consistieron en la implantación del cultivo de mandioca bajo sistemas consociados a diferentes densidades. El T2 se consideró como una consociación de baja densidad ya que intercaló un (1) líneo de plantas de mandioca distanciadas a 1 m entre ellas, entre los surcos de zapallo Tetzukabuto (*Cucurbita máxima x Cucurbita moschatta*) que se encontraba dispuesto cada 3 m y con una separación entre plantas de 2 m, estableciéndose 3333 pl ha<sup>-1</sup> de mandioca + 1666 pl ha<sup>-1</sup> del zapallo. El T3 se consideró como una consociación de alta densidad, ya que intercaló dos (2) líneas apareados de plantas de mandioca a 1 m entre ellos distanciadas a 1 m entre plantas, entre los surcos de zapallo Tetzukabuto (*Cucurbita máxima x Cucurbita moschatta*) que se encontraban dispuestos igual que en el T2 (3 m x 2 m), estableciéndose 6666 pl ha<sup>-1</sup> de mandioca (el doble que en el T2) + 1666 pl ha<sup>-1</sup> del zapallo.

Finalmente el tratamiento T4, representó el monocultivo de zapallo Tetzukabuto (*Cucurbita máxima x Cucurbita moschatta*) con el mismo marco de 3 m x 2 m (1666 pl ha<sup>-1</sup>).

Ambos cultivos fueron implantados en el mismo día (15/09/2016), el zapallo por medio de la siembra de 3 semillas por golpe y la mandioca, cultivar Palomita, por medio de estacas sanas, libres de patógenos y sintomatología virósica, y maduras, con relación medula tallo 1:1, de 7-10 cm de largo, con 5 a 7 yemas viables, en posición horizontal. Previamente a la plantación, fueron tratadas por inmersión durante una hora en un caldo a base de 1,5 cc de dimetoato, 2 gr de mancozeb y 4 gr de oxiclورو de Cu por litro de agua, respectivamente.



Previo al plan de fertilización, se tomaron muestras de suelo, antes de la plantación, siguiendo la metodología recomendada por Prause (2006). Se realizó un análisis de fertilidad que, junto a las necesidades nutricionales del cultivo permitieron determinar las dosis de fertilizantes a utilizar. El muestreo consistió en 2 muestras compuestas de 1 kg, se tomaron sub-muestras de 0-10 cm y de 10-20 cm de profundidad en “zig-zag”, de manera de lograr la mejor representatividad del lote. El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de Calidad Agropecuaria del Centro Tecnológico de Producción, dependiente del Ministerio de Producción de Corrientes, y consta en la Tabla 1.

Tabla 1: Informe del Análisis Químico del suelo del sitio de experimentación en Corrientes, Argentina.

Muestra (cm)	pH	N	P	K	Ca	Mg	M.O.
	Agua destilada: suelo 5:1	Semi micro Kjeldal (%)	Bray I ppm	Melich I (meq. 100 g <sup>-1</sup> )			Walkley y Black (%)
0-10	5,65	0,15	13	0,11	1,6	1,6	0,93
11-20	5,78	0,30	13	0,05	1,4	1,6	0,66

El suelo del sitio de producción corresponde a la Serie Ensenada Grande; Udipsament árgico, franco fina mixta; de Capacidad de Uso III (Escobar *et al.*, 1996). Las propiedades de este suelo son útiles para el cultivo de mandioca, posee un buen drenaje, es suelto y arenoso lo que permite un buen desarrollo de raíces y evita posibles encharcamientos, críticos para la mandioca. El cultivo se realizó en sistema de siembra directa, las estacas se plantaron directamente en el suelo con rastrojo de maíz sin labranza previa. Cada parcela muestral de cada tratamiento tuvo una superficie de 8 m x 9 m (72 m<sup>2</sup>) que estaba presente aleatoriamente en cada uno de los 3 bloques.

Todas las plantas de mandioca de los diferentes tratamientos fueron fertilizadas de igual manera, en respuesta a las dosificaciones y recomendaciones de Howeler (1981), para un rendimiento ponderado de 30 T ha<sup>-1</sup> (Tabla 7, en Anexo). Para la fertilización del zapallo se siguieron las recomendaciones de Plesch (2008, a). Ambos planes de fertilización se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Plan de fertilización realizado por planta según la especie.

Especie	Fuente	Momento de Aplicación*	Forma de Aplicación	Dosis(g pl <sup>-1</sup> )
MANDIOCA	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (18-46-0)	100% 30DDP	En hoyo a 15 cm de profundidad y a 15 cm de la estaca	9
	UREA (46-0-0)	50% 30 DDP 50% 40 DDP		40
	NITRATO DE K (13-0-45)	50% 30 DDP 50% 40 DDP		10
ZAPALLO	TRIPLE 15 (15-15-15)	Guías de 70 cm de long.	En hoyo a 4 cm de profundidad y a 20 cm del tronco	30
		40 DDS		30

\* DDP: días después de plantación; DDS: días después de siembra.

Para los cálculos de la fertilización se asignaron eficiencias de 60% para N y K, y de 20% para P (Ospina y Ceballos, 2002) (Fig. 5, en Anexo)

A todos los tratamientos se les aplicó las mismas prácticas para su conducción a fin de manejarlos en igualdad de condiciones (Figura 6, En Anexo).

Para el muestreo, 240 días posteriores a la plantación, se tomaron 5 plantas de mandioca por cada repetición (15 por tratamiento), tomando solo como unidades de muestreo las plantas de mandioca de los líneas centrales a cada parcela, dejando como bordura el lineo exterior de mandioca de las mismas (Fig. 7, en Anexo). En dicha instancia se midió: peso fresco de la parte aérea (g pl<sup>-1</sup>) y peso fresco de raíces (g pl<sup>-1</sup>) que se expresó también en términos de rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) diferenciándose en raíces de tamaño comercial y no comercial. Para el estudio de la partición de asimilados se extrajeron muestras de tallo de 10 cm de longitud de diferentes partes del mismo, diferenciándose en apical, medio y basal, de arriba hacia abajo respectivamente, 100 g de hojas (láminas y pecíolos de manera separada) y 100 g de raíces que fueron secados en estufa a 70°C hasta peso constante para determinar el porcentaje de materia seca de cada órgano de los diferentes tratamientos y así calcular el peso de la biomasa particionada a los diferentes órganos (g pl<sup>-1</sup> y kg ha<sup>-1</sup>). Estas mismas muestras secas fueron utilizadas para la caracterización química de su composición en términos de porcentaje de N, P, K, Ca, Mg y ppm de Fe, Cu, Mn y Zn en los Laboratorios del Centro Tecnológico de Producción dependiente del Ministerio de la

Producción de la Provincia de Corrientes. De manera particular, los métodos utilizados fueron, para determinar contenido de N, Kjeldahl; de P el método azul de Murphy y Riley; de K por fotometría de llama; de Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn por espectroscopía de absorción atómica (AOAC, 2012). Todos los valores fueron referidos en porcentaje en base seca.

El contenido de fécula de las raíces se determinó por el método de gravedad específica (Domínguez, 1981), con el cual se estimó el porcentaje de materia seca y el de fécula.

Para la evaluación del comportamiento del zapallo en T2, T3 y T4, se tomaron muestras de 5 plantas por parcela, se registró el peso (kg) individual de frutos (Figura 8, en Anexo), se calculó el peso medio de los mismos y se estimó el rendimiento alcanzado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) a fin de realizar el cálculo del Uso Eficiente de la Tierra (UET).

Para la evaluación biológica se tomó el concepto de Uso Eficiente de la Tierra (UET), siendo.

$$\text{UET} = I_x + I_y + I_z \dots = A_x/M_x + A_y/M_y + A_z/M_z \dots$$
 (Mead y Willey, 1980).

La suma de dos cocientes, que representan a los dos cultivos que intervienen en la asociación, en donde cada cociente representa la relación entre la producción obtenida en la asociación y en el monocultivo, para cada una de las especies. La sumatoria de estos cocientes nos indica el UET del sistema, que representa la superficie relativa cultivada en monocultivo necesaria para obtener la misma producción que en la asociación: donde los  $A_x$ ,  $A_y$ , y  $A_z$  representan los rendimientos obtenidos en la asociación y  $M_x$ ,  $M_y$  y  $M_z$  son los rendimientos de las especies en monocultivo.

Los datos se analizaron estadísticamente a través del análisis de la varianza (ANOVA) y separación de medias a través de la prueba de Tukey (0,05%).

## Resultados y Discusión

A los 240 días después de la plantación (DDP), se cosecharon las plantas de mandioca. El comportamiento de las mismas sometidas a los diferentes tratamientos se analizó en función a sus resultados, diferenciados en peso fresco ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) de raíces totales (PFRT), peso fresco ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) de raíces comerciales (PFRC) y número de raíces comerciales ( $\text{N}^{\circ}\text{RC}$ ). El peso ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) de la parte aérea (PPA) y la altura (m) de plantas (APA), se evaluaron en términos biométricos y ecofisiológicos (Tabla 3).

Tabla 3. Peso fresco ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) de raíces totales (PFRT) y peso fresco ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) de raíces comerciales (PFRC), número de raíces comerciales ( $\text{N}^{\circ}\text{RC}$ ), peso fresco ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) de la biomasa aérea (PPA) y la altura (m) de plantas de mandioca (APA) sometidas a tratamientos de monocultivo (T1) y en consociaciones con zapallo en baja (T2) y alta (T3) densidad en Corrientes, Argentina.

Tratamiento	PFRT( $\text{Kg pl}^{-1}$ )	PFRC( $\text{Kg pl}^{-1}$ )	$\text{N}^{\circ}\text{RC}$	PPA( $\text{Kg pl}^{-1}$ )	APA(m)
T1	3,03 A	2,65 A	6,67 A	1,32 A	2,11 A
T2	2,83 A	2,46 A	6,53 A	1,31 A	2,10 A
T3	2,59 A	2,16 A	5,73 A	1,20 A	2,14 A
CV (%)	32,45	38,3	30,54	27,98	9,43

*Letras iguales no muestran diferencias estadísticas significativas (0,05%).*

Como puede observarse en la Tabla 3, las variables relativas a la biomasa fresca de las raíces y de la parte aérea de las plantas de mandioca, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. De igual manera, el número de raíces comerciales y la altura de las plantas, resultaron variables indiferentes a los tratamientos evaluados.

Los rendimientos por hectárea de cada cultivo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) fueron estimados y se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Rendimiento de raíces totales de mandioca y de frutos de zapallo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para los diferentes tratamientos de monocultivo de mandioca (T1), de zapallo (T4) y en consociaciones en baja (T2) y alta (T3) densidad, en Corrientes (Argentina). La densidad de plantas de zapallo es la misma en los tres casos ( $1666 \text{ pl ha}^{-1}$ ).

Tratamiento	DENSIDAD ( $\text{pl ha}^{-1}$ de mandioca)	RTO MANDIOCA ( $\text{kg RT ha}^{-1}$ )	RTO ZAPALLO ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
1	10.000	30.266	-
2	3.333	9.432	1.773
3	6.666	17.265	1.218
4	-	-	1.073

El índice de uso eficiente de la tierra (UET) calculado para cada uno de los tratamientos consociados respecto del monocultivo fue:

i) UET T2:  $9.430/30.266 + 1.773/1.073 = 0,31 + 1,65 = 1,96$ .

ii) UET T3:  $17.265/30.266 + 1.218/1.073 = 0,57 + 1,13 = 1,70$ .

El UET calculado, mostró el máximo aprovechamiento (1,96) con baja densidad de plantación dentro de la asociación. De esta forma, serían necesarios 1,96 ha de monocultivo (0,31 ha de mandioca + 1,65 ha de zapallo) para poder obtener las producciones equivalentes a 1 ha en sistema consociado en baja densidad (T2). Esto indica que los monocultivos de mandioca y zapallo requieren de 96% más de superficie, casi el doble, para superar la productividad del agrosistema asociado en el distanciamiento de T2. Asimismo, se requiere 70% más de superficie, para superar la productividad del agrosistema asociado en el distanciamiento de T3. De cualquier manera, ambos sistemas consociados presentaron un valor de UET  $>1$  RE, lo que indica su eficiencia como agrosistema (Díaz-López *et al.*, 2012).

Estos resultados concuerdan con evaluaciones realizadas por Damasceno *et al.* (2001), Mattos y Souza (2005) y Cenóz *et al.* (2010), en asociaciones con mandioca, en las que se encontraron ventajas al analizar el UET para los tratamientos consociados respecto de los monocultivos.

Por otra parte, evaluando los resultados obtenidos en cuanto a calidad de raíces de mandioca (Tabla 5), la misma no se vería afectada de manera significativa entre tratamientos, lo que resalta aún más el beneficio del uso del sistema consociado.

Tabla 5. Componentes de la calidad de raíces de mandioca, en términos de materia seca (%) y almidón (%) sometidas a tratamientos de monocultivo (T1) y en consociaciones con zapallo en baja (T2) y alta (T3) densidad en Corrientes, Argentina.

Tratamiento	Materia Seca (%)	Almidón (%)
T1	36,37 A	34,19 A
T2	35,36 A	33,19 A
T3	36,24 A	34,06 A
CV (%)	4,54	4,73

*Letras iguales no muestran diferencias estadísticas significativas (0,05%).*

Los análisis químicos particularmente de los órganos aéreos de las plantas de mandioca, fueron realizados con el fin de conocer el aporte nutricional que estos pueden hacer a la dieta animal, promoviendo así un cultivo multipropósito y un uso integral de la planta de mandioca.

Se tomaron muestras de los diferentes órganos de las plantas de mandioca de los distintos tratamientos y se obtuvieron los resultados del contenido de macro y micronutrientes que se presentan en las Figuras 1 y 2. La discusión de todos los resultados obtenidos se basó en los datos de referencia publicados por Howeler (2014).

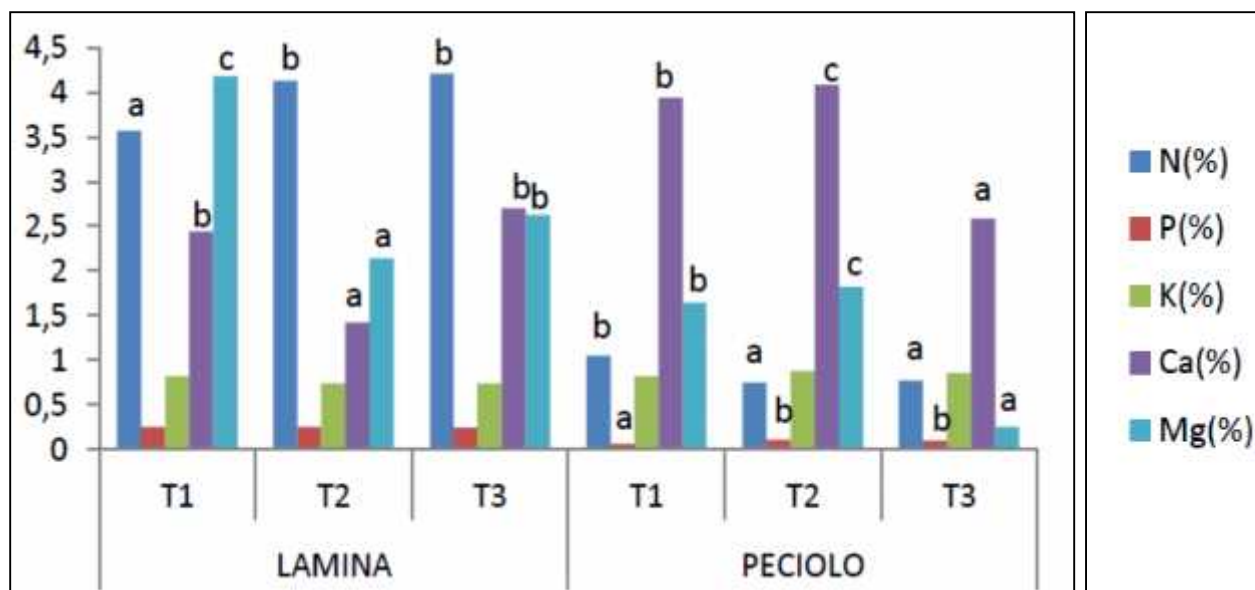


Figura 1: Concentración (%) de N, P, K, Ca y Mg en las hojas de mandioca, particionadas en láminas y pecíolos según los tratamientos. Se indican con letras distintas los contenidos que muestran diferencias significativas según test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

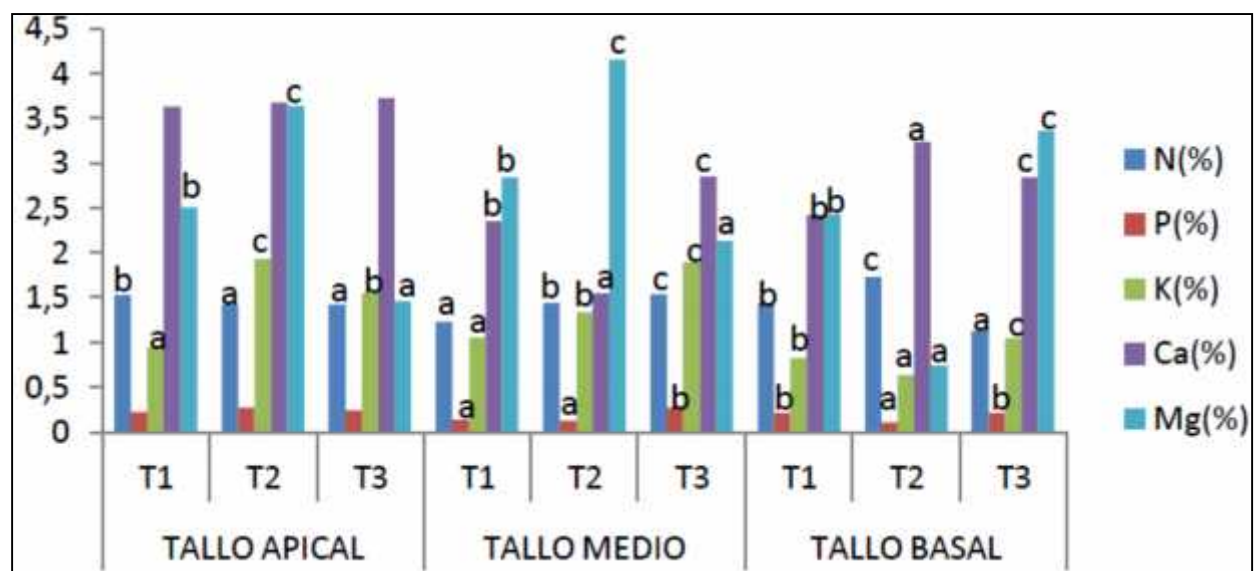


Figura 2: Concentración (%) de N, P, K, Ca y Mg en los tallos de mandioca, particionados en ápice, medio y basal, según los tratamientos. Se indican con letras distintas los contenidos que muestran diferencias significativas según test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Al comparar los resultados obtenidos con los citados por Howeler (2014) en plantas de mandioca fertilizadas, se encontró que en la parte aérea; conformada por láminas, pecíolos, tallos apicales y medios, la concentración de N se encuentra en todos los tratamientos siempre por debajo de los valores de referencia de 4,24%; 1,03%; 2,13% y 1,57%, respectivamente.

Al comparar estadísticamente los tratamientos entre sí (Figuras 1 y 2), se observó que en los CC (T2; T3) aumentó la concentración de N en láminas y en tallos medios respecto del MC (T1). Por su parte, en los pecíolos se produce un efecto inverso, el contenido de N en los CC disminuyó significativamente respecto del MC que presentó el valor más próximo al de referencia (1,03%). En este sentido, se puede llegar a considerar que exista un efecto de compensación por redistribución del elemento en las hojas en respuesta a la densidad de plantación observable a través de las diferencias por las medias estadísticas. Por otro lado, estaría indicando que el potencial uso de las hojas como forraje para suministro de N como fuente proteica en la dieta animal, tampoco se vería afectado por el CC.

La importancia del contenido de nitrógeno reside en que al multiplicarse por el factor de conversión 6,25 se obtiene el porcentaje de proteína bruta (PB) de las hojas, de importante valor en la dieta animal. En este experimento en particular se han registrado valores de PB que van desde 22 a 26%, coincidentes con los obtenidos por Uset (2011) en Montecarlo, Misiones.

En relación al P, las láminas presentaron siempre valores por debajo de los de referencia (0,33%) y no se diferenciaron estadísticamente entre tratamientos (Figura 1). Para los pecíolos, los CC mostraron un incremento estadísticamente significativo del contenido de P en los mismos respecto del MC, y permitieron acercarse al valor de referencia (0,11%). Posiblemente estas diferencias se deban a un contenido de Fosforo en el suelo que es considerado como medio (Howeler, 2014), y cuya deficiencia si bien fue compensada para el cultivo, se realizó en una única aplicación de base. Por otra parte, la baja concentración de referencia para los pecíolos (0,11%) es común de encontrar inclusive en los pastizales sin fertilizar de la región oriental de la provincia de Corrientes (Mufarrege, 1999), por lo cual no sería un valor difícil de alcanzar en las condiciones agroecológicas del norte de la provincia. Sin embargo la concentración de referencia de las láminas (0,33%) es el triple de la citada para pecíolos, razón por la cual el Fosforo disponible y el suministrado a través de la fertilización no fueron suficientes para alcanzar las mismas.

En los tallos apicales se alcanzaron los valores de P de referencia (0,23 %) y en los tallos medios se logró mejorar dicho valor (0,21%) por medio del T3 (Figura 2).



El K en las láminas y en los pecíolos no presentó diferencias significativas entre tratamientos, y sus contenidos se encontraron en todos los casos por debajo de los valores de referencia de 1,42% y 1,90%, respectivamente. En los tallos apicales y medio la concentración de referencia del K de 2,09% y 1,26% respectivamente, también se mejoraron con el CC.

En lo referente a las concentraciones de Ca y Mg, los resultados de este ensayo fueron siempre superiores a los valores de Howeler (2014), para todos los órganos, independientemente de los tratamientos.

Finalmente, las concentraciones de micronutrientes en los diferentes órganos de las plantas de mandioca se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Concentración de micronutrientes Fe, Cu, Mn y Zn presentes en los diferentes órganos de las plantas de mandioca, según los tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Órgano	Tratamiento	Fe(ppm)	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Zn(ppm)
Lámina	T1	236,39c	82,53c	292,66c	77,2c
	T2	213,63b	73,35b	125,7a	42,92a
	T3	138,55a	16,31a	203,4b	46,45b
	CV (%)	2,24	4,33	1,2	1,52
Pecíolo	T1	192,23c	16,45a	743,5c	26,1b
	T2	97,98a	15,25a	406,91a	29,04c
	T3	166,32b	31,51b	434,17b	21,47a
	CV (%)	0,90	4,12	0,61	3,24
Tallo Apical	T1	180,41b	49,53a	421,97c	10,98a
	T2	183,11b	82,27b	393,31b	25,87c
	T3	151,55a	48,86a	272,53a	15,28b
	CV (%)	0,98	2,74	0,55	3,64
Tallo Medio	T1	119,24a	31,8a	311,95b	25,54b
	T2	142,74b	44,67b	320,82c	24,77b
	T3	157,25c	63,6c	163,49a	14,84a
	CV (%)	1,80	3,91	0,88	4,17
Tallo Basal	T1	264,74b	31,41b	113,39a	76,75c
	T2	201,1a	16,27a	481,59c	10,52a
	T3	492,93c	48,62c	360,41b	61,63b
	CV (%)	0,58	2,65	0,39	1,59
Raíces	T1	221,16a	58,06a	125,20a	11,64ab
	T2	337,36b	64,84a	176,71 b	23,12b
	T3	197,72a	108,76a	154,93b	7,06a
	CV (%)	21,26	39,18	15,69	35,00

Las concentraciones de Mn y Cu (Tabla 6) fueron siempre superiores a los valores de referencia de Howeler (2014), en el caso de Mn para lámina 201,3 ppm, pecíolo 338 ppm, tallo apical, medio y basal, 140 ppm, 120 ppm y 99 ppm respectivamente, raíces 15 ppm, y para Cu, en lámina 9,56 ppm, en pecíolo 3,7 ppm, en tallo apical, medio y basal 9,8 ppm, 10,8 ppm, y 10 ppm respectivamente y 3,9 ppm para raíces, independientemente de los tratamientos. En el caso del Fe, sucedió algo similar, salvo para las láminas en las que la concentración fue muy inferior al valor de referencia de 376,6 ppm (Howeler, 2014).

Por el contrario el Zn tendió a presentar valores por debajo de los de referencia para los diferentes órganos, si bien en los tallos apicales, los CC incrementaron la concentración por encima de 37 ppm referenciado por Howeler (2014).

Finalmente, la composición química de las raíces tuberosas se muestra en la Figura 3.

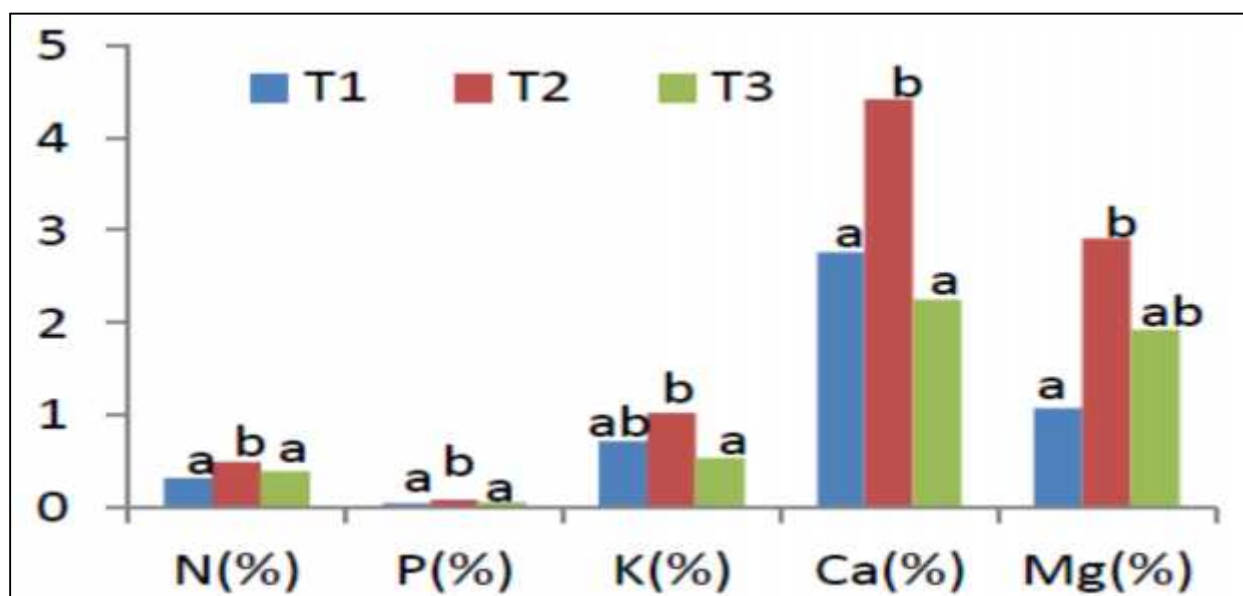


Figura 3: Concentración (%) de N, P, K, Ca y Mg en las raíces tuberosas de mandioca, según los tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

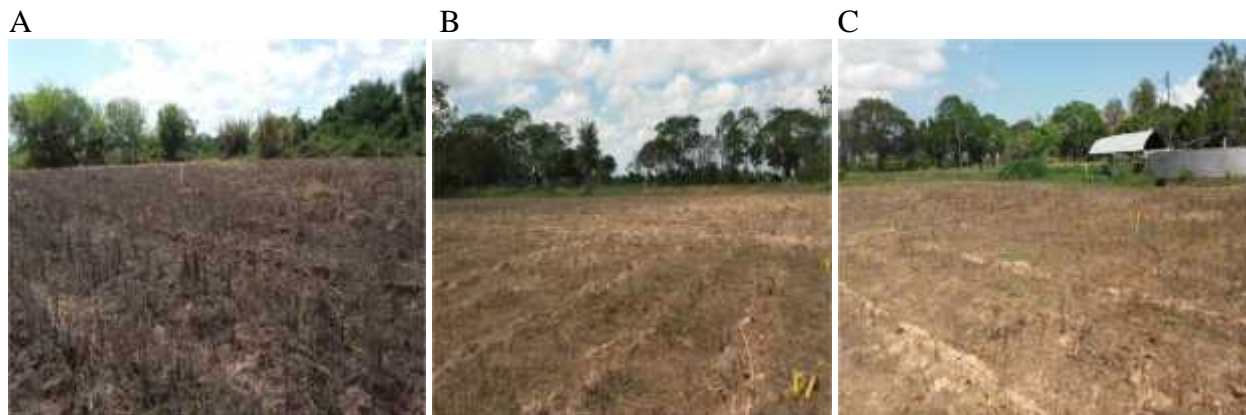
Las raíces cosechadas de los tratamientos en consociaciones (T2; T3) no mostraron variaciones de orden estadístico, en cuanto a macronutrientes, al compararlas con el monocultivo (Figura 3). Asimismo se evidenció que para las condiciones de este ensayo experimental, el cultivo consociado de baja densidad (T2) presentó mejores contenidos de macronutrientes en las raíces tuberosas.

## Conclusiones

Estos resultados permiten concluir que:

- El rendimiento y la calidad de raíces por planta no presentan variaciones significativas de orden estadístico entre MC y CC, por lo que resulta factible recomendar el CC para ser aplicado en las condiciones agroecológicas evaluadas.
- Las concentraciones de nutrientes de los órganos de mandioca resultaron en varios casos sensibles a los tratamientos y manifestaron diferencias estadísticas significativas entre los mismos.
- El sistema de cultivo consociado de mandioca-zapallo Tetsukabuto con la menor densidad de plantas de mandioca en el arreglo espacia (T2), aprovecha mejor el espacio agrícola, obteniéndose la máxima eficiencia del sistema productivo, con la mínima competencia interespecífica.

## Anexo



Figuras 4: A, B y C, lote al momento de inicio del ensayo, durante plantación y siembra.

Tabla 7: Nutrientes extraídos por la yuca según su rendimiento (Howeler, 1981).

Nutriente	Extracción (kg/ha) para RRF <sup>a</sup>	
	Estimado (15 t/ha)	Ponderado (30 t/ha)
N	66.3	132.6
P	10.1	20.1
K	53.7	107.4
Ca	20.4	40.8
Mg	12.3	24.6

a. RRF = rendimiento de raíces frescas.

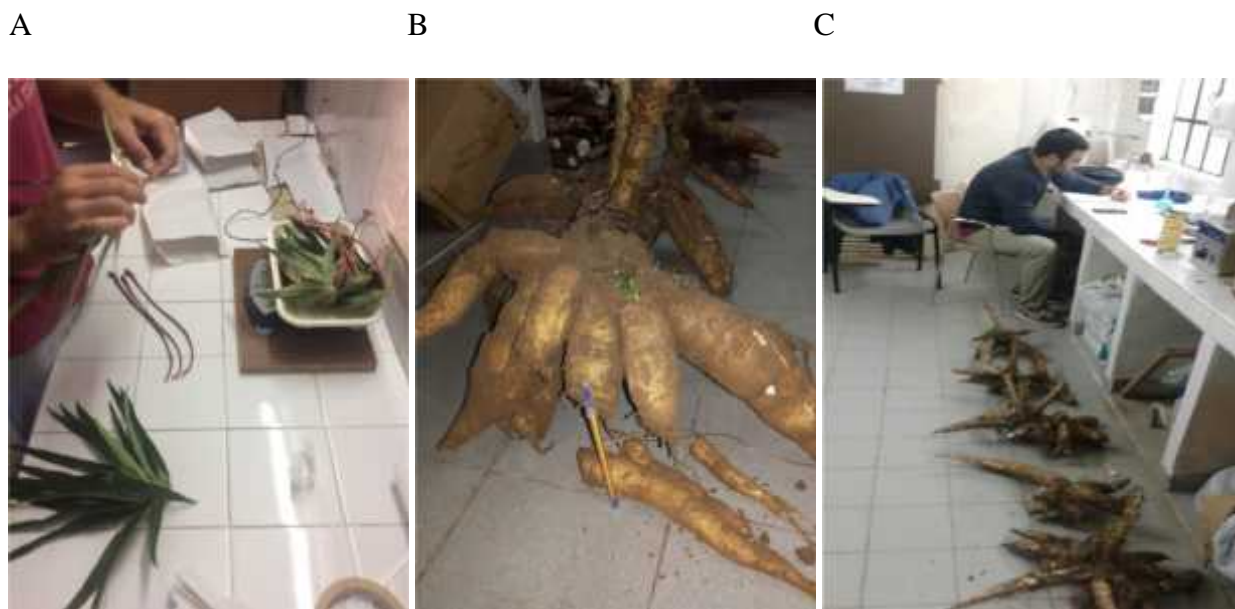
$$NF = \frac{RPC - S}{E} \cdot 100$$

NF = Necesidad de fertilización, kg/ha  
 RPC = Requerimiento ponderado del cultivo, kg/ha  
 S = Disponibilidad del nutriente en el suelo, kg/ha  
 E = Eficiencia del fertilizante, %  
 100 = Constante porcentual

Figura 5: Fórmula de Necesidad de Fertilización (Ospina y Ceballos, 2002).



Figuras 6: A, B y C, lote posterior al control de malezas y previa fertilización.



Figuras 7: A, B y C, muestreo de mandioca y toma de datos, de parte aérea y raíces, 240 días posteriores a la plantación.

A



B



C



Figuras 8: A, B y C, muestreo de zapallo y toma de datos, 90 días posteriores a la siembra.

## Bibliografía

- Acosta, A.C. Tamayo<sup>1</sup>, R. Palacios. 2002. Caracterización Morfológica y extracción de ADN de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la Universidad Earth, Costa Rica. R.A. Ed. Tierra Tropical.
- Andrews, D.J. and A.H. Kassam. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In multiple cropping, ASA Special Publication No.27. 10p.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 19th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, EEUU. 2610 p, 2012.
- Burgos, A.M., Cenóz, P.J., Kuszta, J.L. 2015 a. Ecofisiología del cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) consociado con albahaca y coriandro. Revista FACENA de la Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura de la UNNE. Volumen XXXI. Pag 11-21.
- Burgos, A.M.; Cenóz, Pedro J.; Leiva, Daniel O. 2015 b. Diferentes distanciamientos de plantación para un sistema de cultivos consociados de mandioca-maíz-maní en el noreste de Argentina. Revista Agronomía Tropical, Vol 65. (1-2): 47-56.
- Morel, F. 1998. El Cultivo de Mandioca. Cartilla N°24. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, Misiones. 15 pp
- Cenóz P.J., J, Schroeder; R, Karacinque. 1995. Análisis comparativo del efecto de la densidad y distribución de plantas en una consociación Mandioca-Caupí. Revista Horticultura Argentina, v. 14, p.12-16.
- Cenóz P.J, R, Karacinque; J, Schroeder. 1998. Efecto de una consociación Mandioca-Batata, en su aspecto cultural y económico. Revista Horticultura Argentina, v. 17, p. 32-35.

- Cenóz, P.J.; R,Ferrero. 2002. Análisis productivo y alimentario de cultivos asociados. Revista Internacional del Centro de Información Tecnológica (CIT), v. 13, p. 9-14.
- Cenóz, P.J. y A.M. Burgos. 2012. Métodos de Podas Precosecha de Plantas de Mandioca Cultivadas en Corrientes, Argentina.Revista UDO Agrícola, Rca. de Venezuela. 12 (3):550-558.
- Cenóz, P. J.; Burgos, A. M.; Balbi, C. N. 2010. La densidad de plantas como variable de rendimiento cultural y económico de cuatro cultivos consociados bajo las condiciones agroecológicas del nordeste de Argentina (NEA). Revista Horticultura Argentina. Vol 29 (69): 18-25.
- Damasceno, L.S.; Mattos, P.L.P. de & Caldas, R.C. 2001. Arranjos Espaciais de Mandioca (Mandioca esculenta Crantz) em Monocultivo e Consorciada com Feijao (Phaseolus vulgarisL.) e Milho (Zea mays L.). Magistra, Cruz das Almas - Ba. V.13, N1, jan-jun. [www.magistra.ufrb.edu.br/publica/msagist13/01-13-05c.html](http://www.magistra.ufrb.edu.br/publica/msagist13/01-13-05c.html). Fecha de consulta: 5/08/08.
- Díaz-López, E; Campos-Pastelín, J M ; Morales-Ruíz, A. ; Salgado-Benítez, G. ; Castillo-Vilchis, A. ; Gil-Gil, H. 2012. Uso equivalente de la tierra en la combinación frijol ejotero girasol en Toluca, México. Revista Ciencias Agrícolas Informa 21(2): 86-96.
- Domínguez, C.E. 1981. Yuca: Investigación, Producción y Utilización. Documento Nro 50. CIAT, 575 pp
- Escobar, E.H.; Ligier, D.; Melgar, D.; Matteio, M.; & Vallejos, O. Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la Provincia de Corrientes, Argentina. Publicación del Convenio INTA – ICA y Pcia. de Corrientes CFI, Corrientes, Argentina, p.129, 1996.
- Gallego, L.; Ronco, S y Melgar R. 1991. Prov. de Corrientes. Caracterización Agroclimática Tomo 5. 2º etapa Agroecología de los Cultivos. 188 pp.



- Howeler, R. 1981. Nutrición Mineral y fertilización de la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 55 pp.
- Howeler, R. 2014. Sustainable soil and crop management of cassava in Asia. CIAT. 280 pp.
- Ligier, H.D. 1997. Estrategias para una agricultura sustentable en pequeñas propiedades. E.E.A. INTA Corrientes, Argentina. 20 pp.
- Mattos, P.L.P.; A.S Souza. 2005. Consociación de mandioca plantada en hileras dobles y simples con cultivos de ciclos cortos: mandioca y caupi; mandioca y maíz. Revista Brasileira de Mandioca. Cruz das Almas, v. 18, p. 25-30.
- Mead, R. and R. W. Willey. 1980. The concept of a "Land Equivalent Ratio" and advantages in yields from intercropping. Expl. Agric. (1980) 16: 217-228.
- Medina, R.; A. Burgos (ex aequo); V. Difrancio; L. Mroginski and P. Cenóz. 2012. Effects of Chlorocholine chloride and Paclobutrazol on cassava (*Manihot esculenta* Crantz cv. Rocha) plant growth and tuberous root quality. Revista AgriScientia XXIX (1) 51-58.
- Moreno, R.A., and Robert D. Hart. 1979 Intercropping with cassava in Central America. In intercropping with cassava. Weber, E. Nestel, B., and Campbell, M. eds. Proceedings of an International workshop held at Trivandrum, India. IDR-142e 17-24p.
- M.P.T.T., 2012. Ministerio de Producción Trabajo y Turismo. Provincia de Corrientes-Servicio de Información Agroeconómica. Corrientes. Boletín Informativo Campaña 2010/11.
- Mufarrege, D 1999. Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina. Trabajo de Divulgación Técnica Estación Experimental Agropecuaria INTA Mercedes, Corrientes Argentina.

- Nicholls, C. y M. Altieri. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo integrado de Plagas y Agroecología* N° 65: 50-64
- Ospina, B. y H. Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. En: *La yuca en el tercer milenio*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. Cap. 1 (1-13p). (Ospina, B. & Ceballos, H. eds).
- Pletsch, R. 2008 (a). *El Cultivo del Zapallo Tetsukabuto*. INTA AER Corrientes. Corriente, Corrientes.
- Pletsch, R. 2008 (b). *Diversificación productiva en Corrientes. Serie 1: El cultivo del zapallo tetsukabuto*. Edic. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (23 p.).
- Prause, J. 2006. *Análisis de suelo. Técnica de muestreos de suelo, agua, plantas. Bases prácticas para la fertilización*. Editorial Librería La Paz. Resistencia, Chaco. 96 pp.
- Ruthenberg, H. 1971. *Farming systems in the tropics*. Clarendon Press, Oxford, United kingdom.
- Sarandón, S. y J. Labrador Moreno. 2002. El uso de policultivos en una agricultura sustentable. En: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. S. Sarandón (Ed). Ediciones Científicas Americanas, 189 – 222 pp.
- Ternes, M. 2002. *Fisiología da Planta. Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americano*. Cereda, M. P. (Coord.) Fundación Cargill. San Pablo, Brasil. 4:66-82.
- Uset, O.A. 2008. Cuadernillo. Producción de Mandioca y sus usos. EEA Montecarlo. Disponible en: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-cuadernillo-mandioca.pdf>.
- Uset, O.A. 2011. Publicación técnica. Mandioca, Nuevas Estrategias. *Revista Producir* XXI N°236, Junio 2011, pag. 18-26.