



TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD TESINA

TÍTULO:

EFFECTOS DE LA CONSOCIACIÓN CON MAÍZ (*Zea mayz*) SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA PARTICIÓN DE ASIMILADOS DE LA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz).

Autor: Weitzel, Arnolfo Luis

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

ÍNDICE

Resumen.....	3
Introducción y Antecedentes.....	4
Objetivos Generales y Específicos.....	8
Materiales y métodos.....	9
Lugar de trabajo.....	9
Descripción del sitio.....	10
Descripción climática.....	10
Descripción edáfica.....	11
Análisis químico del suelo.....	11
Diseño del experimento.....	12
Determinación de materia seca (MS%) y almidón (Alm. %).	14
Manejo del Experimento.....	15
Descripción de Variables medidas.....	15
Discusión y Resultados.....	18
Análisis de parámetros cuantitativos.....	18
Análisis de parámetros cualitativos	19
Análisis de sistema de producción.....	20
Conclusión.....	23
Bibliografía.....	24
Anexo	27

RESUMEN

La mandioca se cultiva sobre todo por sus raíces ricas en hidratos de carbono, aunque en algunas partes del mundo, también las hojas son utilizadas para la alimentación, tanto humana como animal, por su alto contenido proteico. Además es un cultivo que permite la consociación con diferentes especies, ocupando así espacios distintos en tiempos determinados, sin presentar mayores alteraciones en su rendimiento.

El objetivo de este trabajo fue evaluar como varía el rendimiento y la partición de materia seca del cultivo de mandioca por efecto de los distintos tiempos de convivencia con el cultivo de maíz y evaluar el Uso Eficiente de la Tierra (UET) en dos distintos sistemas de manejo del cultivo (monocultivo e Inter cultivo).

El ensayo se realizó en la localidad Capital de la Provincia de Corrientes, Argentina. Se establecieron cinco tratamientos, tres de los cuales representaron consociaciones en diferentes momentos fenológicos del cultivo de mandioca (T2; T3, T4) y los otros restantes estaban constituidos por los respectivos monocultivos (T1: Mandioca; T5: Maíz). Los tratamientos se dispusieron en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Solo los tratamientos T1, T5 y T2 lograron progresar en el campo debido a diversas adversidades que afectaron al cultivo de maíz. Los datos se analizaron estadísticamente mediante el test de Tukey, considerando la diferencia mínima significativa (d.m.s.) $\alpha=0,05$ utilizando el programa Infostat.

Los resultados permiten concluir que el rendimiento de raíces de mandioca se reduce de manera significativa en el sistema consociado con maíz. Por otra parte, la consociación del cultivo de mandioca con maíz resulta exitosa como sistema productivo en términos del uso eficiente de la tierra.

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 el hombre 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 292 millones de toneladas (FAOSTAT, 2018), siendo los principales productores África 55 %, Asia 30,2 % y América del Sur con 14,5 % y Oceanía 0,1%. 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⁻¹ (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 11,08 t ha⁻¹ en el año 2017 que se distribuyen en poco más de 26 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2018).

En las provincias de Corrientes, Misiones, Chaco y Formosa se cultivan numerosas variedades de mandioca. El cultivo particularmente en la Provincia de Corrientes es muy importante, más aun considerando que son los pequeños productores quienes lo realizan. 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). Por otra parte, hoy solo existen 705,8 ha dedicadas al cultivo de mandioca en la Provincia de Corrientes, según lo relevado por el proyecto CFI-Ministerio de la Producción (2019).

Si bien en Corrientes se registran rendimientos promedios de $14,1 \text{ t ha}^{-1}$ de raíces (CFI-Ministerio de la Producción, 2019), por encima de 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^{-1} , basados en la aplicación de prácticas de manejo del cultivo de fácil aplicación (Cenóz y Burgos, 2012; Medina et al., 2012). Asimismo, en ensayos realizados en la Provincia de Misiones (EEA INTA Cerro Azul), donde se concentra cerca del 75% de la producción nacional, se relevaron rendimientos promedios de diferentes variedades de 26 t ha^{-1} en sucesivas campañas agrícolas de la década del noventa (Morel, 1998).

Si bien, el cultivo consociado de especies (CC) es una tecnología de bajos insumos que 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), en Argentina el sistema de cultivo de mandioca más difundido sigue siendo el monocultivo (MC). El sistema del MC está asimismo asociado con técnicas de 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 primeros meses del ciclo del cultivo, momento en el que recién este 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 ciclo más corto.

En este sentido, 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; Howeler, 2014). El sistema de CC intensifica la producción y genera un uso más eficiente de los factores tierra y tiempo (Ruthenberg, 1971). El espacio agrícola se podría aprovechar si se diseñan arreglos espaciales con posibilidad para intercalar cultivos con mínima competencia intraespecífica, que mantengan rendimientos elevados y a la vez permitan efectuar las prácticas culturales. Teóricamente, un patrón de siembra en el cual cada planta esté a igual distancia de las otras sería ideal, ya que permite un uso más eficiente de los recursos para crecer y producir, sin embargo, razones prácticas como

la preparación del suelo, las labores de cultivos y la cosecha, muchas veces hacen más deseables un ordenamiento diferente (Leihner, 1986).

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).

La provincia de Corrientes concentra 498 (100%) productores de batata y mandioca, de los cuales 254 (51%) solo producen mandioca, 206 (41%) cultivan ambas especies y los restantes 38 (8%) solo producen batata (CFI-MP, 2019). De todos ellos, el 91,3% tiene 4 a 5 ha. ocupando el 72% de la superficie de la Provincia dedicada a estos cultivos. El 9,7% restante no supera las 9 ha y ocupa el 28% del total del área dedicada a estos cultivos.

Los productores 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.

Todo este contexto justificó el desarrollo de esta tesina, que plantea el gran desafío que 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, 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- zapallo Tetzukabuto; 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).

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie perteneciente a la familia de las Poaceas (Gramíneas) que no se la encuentra en estado silvestre, siendo su origen aun no dilucido por los botánicos, ya que existen discrepancias respecto a varios detalles todavía en estudio. La evidencia más antigua del maíz como alimento proviene de algunos lugares arqueológicos en México, con antigüedades superiores a 5000 años (Garay et al., 2015).

La espiga del maíz (principal órgano de interés comercial en los cultivos de grano) se encuentra en una posición axial sujeta a dominancia apical durante el periodo crítico (alrededor de la floración, momento en el cual se determina el principal componente del rendimiento: el número de granos por unidad de superficie). Este hecho sumado al habito de crecimiento de la planta (tipo determinado) le confiere al maíz una alta inestabilidad en el rendimiento en grano y en el índice de cosecha frente a situaciones de estrés durante el periodo crítico. La escala fenológica mas utilizada para describir el ciclo de un cultivo de maíz es la propuesta por Ritchie & Hanway (1982), que utiliza caracteres morfológicos externos o macroscópicos. En ella se identifican dos grandes periodos: el vegetativo, subdividido en estadios identificados con la letra V y un subíndice, correspondiente al orden de las ultimas hojas completamente extendidas (lígula visible) al momento de la observación (VE: emergencia, V1, V2,...Vn y VT o panojamiento) y el reproductivo, identificado con la letra R y un subíndice que comienza con R1 (Emergencia de los estigmas), R2 (cuaje o estado de ampolla), R3 (grano lechoso), R4 (grano pastoso), R5 (grano duro) y R6 (madurez fisiológicas). Desde los estadios R3 hasta R5, inclusive, corresponden al llenado de los granos (Garay et al., 2015).

Para una adecuada germinación la semilla necesita absorber un 30 a 40% de su peso en agua. Al final de la etapa de germinación la plántula tiene 2 hojas emergidas, y el ápice o meristema apical todavía se encuentra ubicado bajo el nivel de la superficie del suelo. Durante esta etapa, el meristema va formando primordios de hojas y yemas, a una tasa relativamente constante denominada plastocrono (con valores de 20-21 °C día, con temperatura base de 8 °C. Requiere elevada incidencia de luz solar para su desarrollo y en climas húmedos su rendimiento es más bajo. La provisión de agua en forma de lluvia es sumamente necesaria, con requerimientos hídricos que oscilan los 500 a 600 mm en todo su ciclo y máximo requerimiento en el período crítico (Garay et al., 2015).

La brecha entre los rendimientos obtenidos y los máximos posibles de alcanzar está explicada en gran parte por deficiencias hídricas. El rendimiento es altamente dependiente de la disponibilidad hídrica durante la floración principalmente a través de sus efectos sobre el número de granos (Eyhéabide, 2015).

El número de granos logrados en el cultivo está directamente asociado con el consumo de agua durante esa etapa, registrándose aumentos de 18 a 20 kg de grano ha⁻¹ y de unos 5 granos m⁻² por milímetro adicional de agua consumida en dicho período. Mayores respuestas al consumo de agua pueden registrarse en sequías más severas, afectando sensiblemente el índice de cosecha (Eyhéabide, 2015).

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, maíz (*Zea mays*), para evaluar su comportamiento.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL:

Estudiar las modificaciones en la partición de asimilados y parámetros de calidad de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) por efecto de distintos tiempos de convivencia con el cultivo de maíz (*Zea mays*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- A. Analizar los componentes numéricos determinantes del rendimiento de las raíces de mandioca por efecto de los distintos tiempos de convivencia en una consociación con el cultivo de maíz.
- B. Evaluar los parámetros de calidad de las raíces de mandioca por efecto de los distintos tiempos de convivencia en una consociación con el cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de trabajo

El ensayo se llevó a cabo en lotes experimentales de la Cátedra de Cultivos III en el Campo Didáctico-Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE, localizado sobre la Ruta Nacional N°12, Km 1031 en Corrientes, Prov. de Corrientes (Fig. 1).

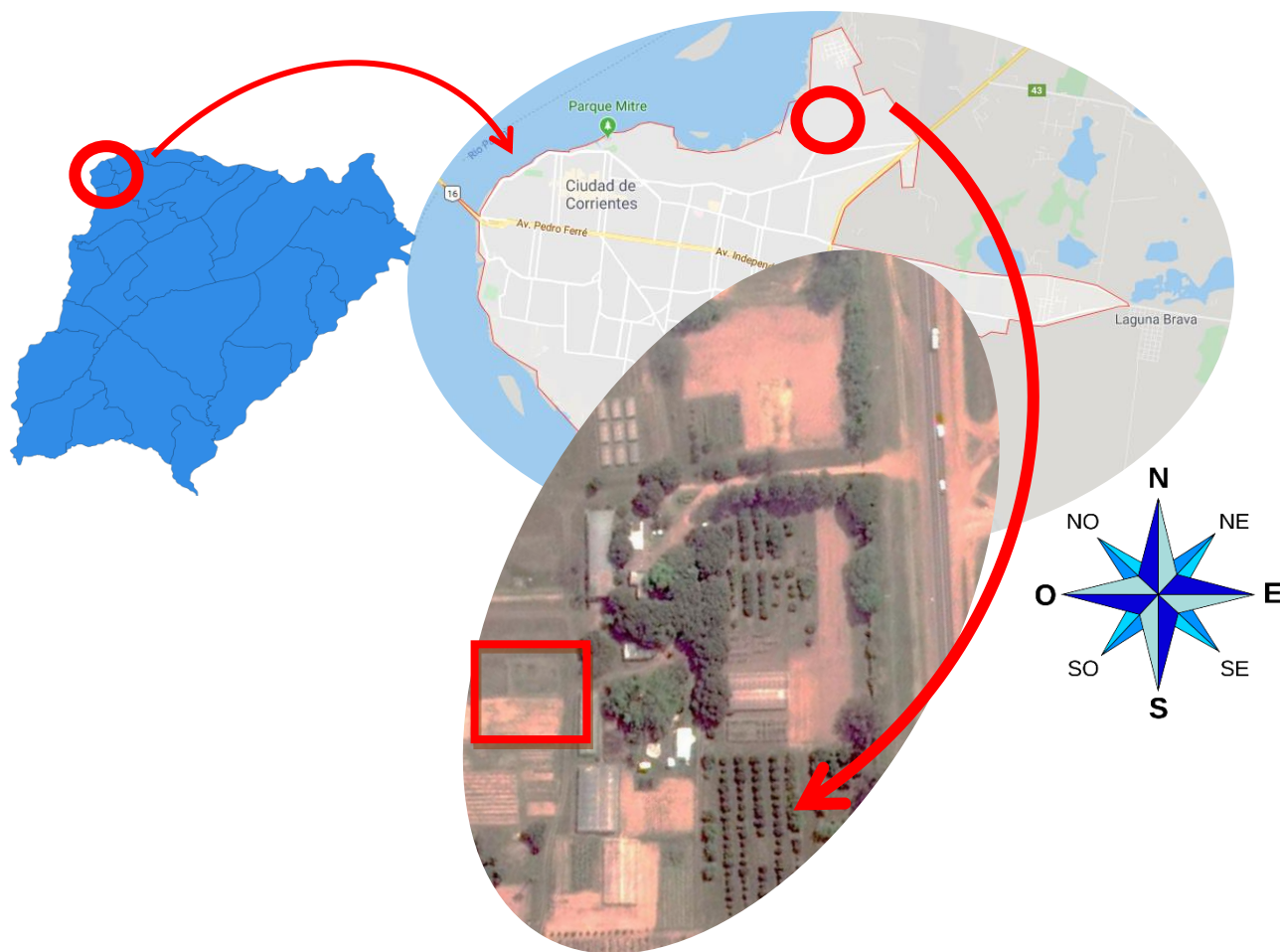


Figura 1. Localización del predio del campo Didáctico y Experimental de la FCA indicando el lote que se utilizó para el desarrollo del trabajo (rectángulo rojo).

Descripción del sitio

La experiencia se llevó a cabo en el Campo Didáctico y Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) ubicado en Corrientes, Argentina (27°28' 27.23"S; 58°47'00.6"O; 50 msnm). La misma cuenta con una superficie de 17 hectáreas destinada a la producción y experimentación de cultivos diversos como zapallito, mamón, pimienta, ananá, maíz, trigo, caña de azúcar, mandioca, y cítricos.

El lote destinado a la producción de mandioca se encuentra ubicado al oeste (tomamos como referencia la rosa de los vientos), cuenta con una superficie de 50 m² (Fig. 1).

Descripción climática

La provincia de Corrientes tiene un clima subtropical, muy cálido en verano, pero con heladas en invierno, con temperatura media anual superior a 18° C.

Tiene características de clima húmedo con excesos hídricos en otoño y primavera, y moderados y eventuales déficit en verano.

La temperatura media anual varía entre 19,5° y 22° C (Fig. 2), como consecuencias de la latitud las temperaturas aumentan de sur a norte. Las isotermas del mes más cálido del verano varía entre 26° y 27,5°C y las del mes más frío del invierno entre 13, 5° y 16°C (Fig. 2).

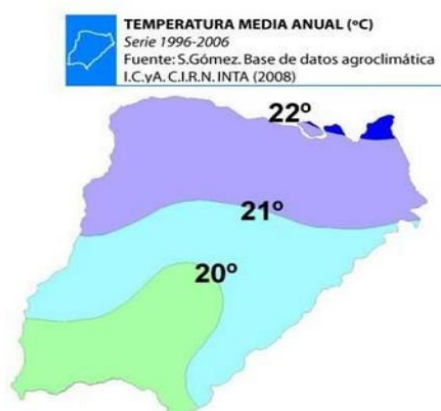


figura 2



figura 3

Figura 2. Mapa de distribución de temperaturas medias anuales en la Prov. de Corrientes.

Figura 3. Mapa de distribución de precipitaciones medias anuales en la Prov. de Corrientes.

Precipitación media anual (mm) y temperatura media anual (°C) en la provincia de Corrientes. Mapas extraídos de NEA Corrientes Forestal.

Las temperaturas máximas absolutas en la provincia de Corrientes registradas en el periodo considerado oscilan entre 40° y 44°C y las mínimas absolutas entre -2°C y -4°C.

Las precipitaciones oscilan entre 1100 y 1600 mm (Fig. 3), siendo la tendencia creciente de SO a NE. La distribución anual de las precipitaciones tiene dos máximos, en primavera y en otoño, y un mínimo en invierno (Murphy, 2008).

Descripción edáfica

El suelo del sitio de experimentación ha sido clasificado como Entisol del subgrupo Udipsament árgico, perteneciente a la serie de Ensenada Grande, se encuentra ubicado en la loma, presenta textura en superficie arenosa y en la subsuperficie textura franco arcillo arenosa, por lo que es susceptible a erosión hídrica como primera limitante y en segundo lugar susceptible a erosión eólica. En cuanto a la génesis y taxonomía de los suelos, se clasifica el régimen térmico como hipertérmico por poseer una temperatura media de suelo (a 50 cm) anual superior a 22°C y una amplitud térmica anual mayor de 5°C. El régimen hídrico se caracteriza como údico, el perfil del suelo no se seca por más de 90 días consecutivos en la zona de las raíces (Escobar et al., 1996).

Análisis químico del suelo

Debido a que la mandioca se cultiva generalmente en suelos de baja fertilidad mientras que la planta tiene requerimientos de medios a altos, resulta claro que la aplicación de fertilizantes es esencial para obtener altos rendimientos. En el análisis se determinó la acidez del suelo (pH), Nitrógeno, Materia Orgánica (M.O.), expresados en unidades de porcentaje (%); Fósforo, expresado en partes por millón (ppm), Potasio, Calcio, y Magnesio, expresados en miliequivalentes.

	Profundidad	pH	N	MO	K	Ca	Mg	P
	cm	-	%		meq / 100 g			ppm
Mandioca-Maíz	0-10	5.20	0,07	0,96	0,23	1,60	0,59	35
Mandioca-Maíz	10-20	5.20	0,07	0,63	0,12	1,33	0,37	62

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

Diseño del experimento

Por combinación de dos sistemas de producción, monocultivo (MC) y cultivo consociado (CC) y tiempos de convivencia (TEMPRANO, TARDÍO y TEMPRANO/TARDÍO), quedaron definidos cinco tratamientos que a continuación se describen (Fig. 4)

-  T1: Monocultivo de mandioca
-  T2: Consolidación mandioca + maíz (oct)
-  T3: Consolidación mandioca + maíz (Dic - Ene)
-  T4: Consolidación mandioca + maíz (Oct - Dic)
-  T5: Monocultivo de maíz

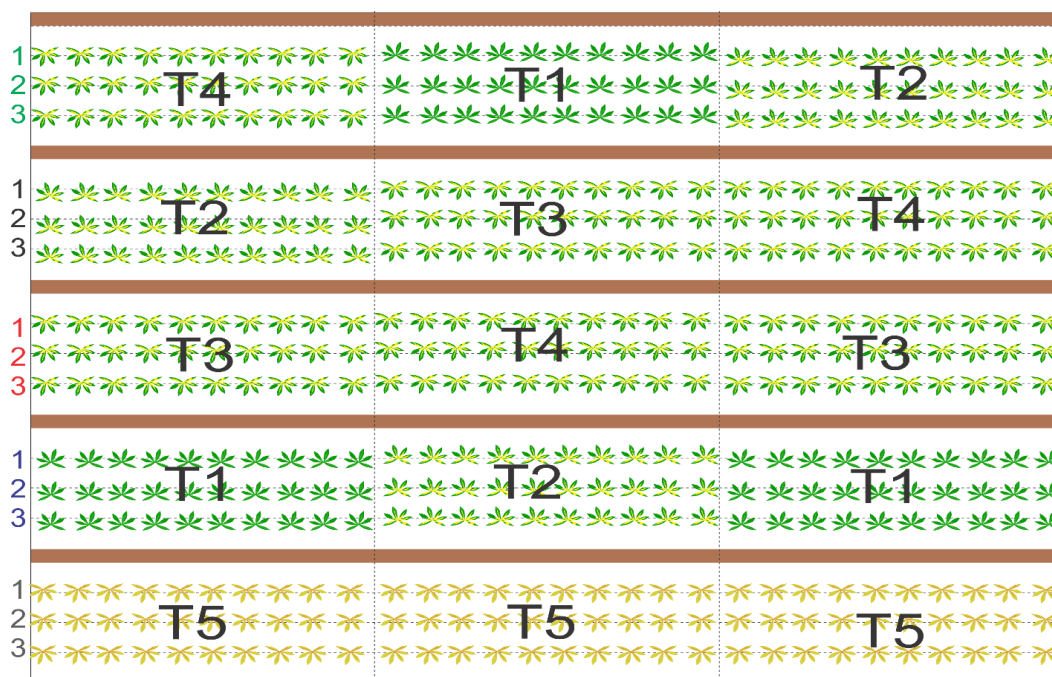


Figura 4. Diseño experimental y Distribución espacial de los tratamientos

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⁻¹, que representó el manejo convencional que hacen los productores locales. El maíz temprano se implantó conjuntamente con las estacas de mandioca en el mes de octubre y se cosechó en enero (T2): la mandioca solo convivió con el maíz al inicio de su ciclo de crecimiento (Fig. 5).

El maíz tardío se sembró recién en el mes de enero y se esperaba poder cosecharlo en abril (T3): La mandioca conviviría con el maíz solo al final de su ciclo de crecimiento. El ingreso imprevisto de animales en el lote durante el receso académico hizo fracasar esta implantación.

El maíz tardío se siembra ni bien se cosecha el temprano (T4): La mandioca conviviría con maíz todo su ciclo de cultivo. Los mismos inconvenientes antes descriptos con el T3 hicieron fracasar esta implantación del mismo.

Y por último un tratamiento 5 (T5), fue el monocultivo de maíz. El maíz en monocultivo se sembró a 0,5 entre líneas x 0,30 m en el lineo (3,3 pl./m lineal).

El maíz en consociación estuvo a 1m entre líneas de la misma especie y a 0,50 cm de los líneas de mandioca, en cada lineo las plantas de maíz estaban distanciadas 0,30 m.

La implantación del cultivo de mandioca se realizó a 1m x 1m tanto para el sistema de monocultivo como para la consociación.

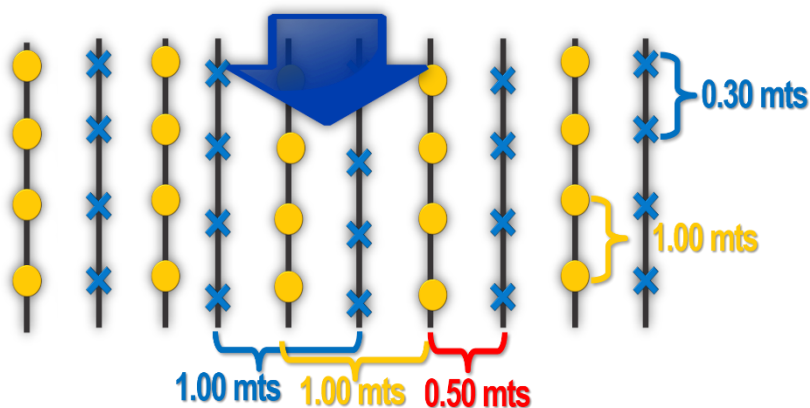


Figura 5. Disposición espacial de las especies en las parcelas experimentales de tratamientos consociados. Los círculos corresponden a los líneas de mandioca y las cruces a los líneas de maíz.

Las parcelas estaban constituidas por 5 líneas de mandioca, de los cuales se utilizaron los 3 centrales para las tomas de muestras y los tamaños de las parcelas de todos los tratamientos fue de 10 m².

Cada tratamiento contó con 3 repeticiones que fueron dispuestos en un diseño en bloques completos al azar (BCA).

Finalmente, el experimento quedó conformado por el T1, el T2 y el T5.

Determinación de materia seca (MS %) y almidón (Alm. %)



Figura 9. Balanza utilizada en el método de gravedad específica para determinar materia seca (%) y almidón (%).

Para calcular el rendimiento de materia seca y almidón de las raíces frescas (RRF) se utilizó el método de la gravedad específica (GE), la determinación es bastante sencilla, por lo tanto, esta práctica es útil y está al alcance del agricultor. Para llevar a cabo el mismo se utilizó una balanza con divisiones en decigramos (Fig. 9) y un recipiente para sumergir la muestra en una canastilla de malla metálica.

Se tomaron muestras de las raíces recientemente cosechadas, cuidando que las mismas sean representativas, es decir, raíces gruesas, delgadas, grandes y pequeñas, cortando previamente el pedúnculo. Este sitio donde se realiza el pesaje debe estar libre de corrientes de aire, ya que estas afectan la lectura de la balanza. Se pesan las muestras para obtener una muestra de raíces frescas de 3000 g al aire (PFRAi). Una vez que tenemos el PFRAi se debe pesarlas en agua, el Peso Fresco de las Raíces en el Agua (PFRAg). En un recipiente lleno de agua se introduce la canastilla de malla metálica atada a una cuerda, el otro extremo de la cuerda se ata a la balanza. La canastilla debe estar totalmente sumergida, y ni esta ni la cuerda deben tocar las paredes del recipiente. Luego se tara la balanza y se coloca la muestra de raíces en la canastilla. Una vez obtenido el peso de todas las muestras se calcula la GE utilizando la siguiente fórmula:

$$GE = \frac{PFRAi}{PFRAi - PFRAg}$$

Referencia

GE: gravedad específica

PFRAi: peso fresco de las raíces al aire (3000 g)

PFRAg: peso fresco de las raíces al agua

El resultado de la fórmula debe tener 4 cifras, y con el mismo se ingresa a una tabla para obtener el porcentaje de Materia Seca y Almidón en las raíces partiendo de su gravedad específica (densidad en la tabla).

MANEJO DEL EXPERIMENTO

La plantación de estacas de mandioca y la siembra de maíz se hizo el 4 de octubre de 2017, la emergencia de maíz se pudo observar 5 días después. Se hizo una fertilización el día 13 de octubre con urea a razón de 120 gr en 8 litros de agua y con eso se regó 3 líneo/tratamiento/semana.

La siembra del maíz tardío (T5), se realizó el día 14 de enero y se lo condujo hasta el 10 de marzo.

El material de maíz disponible para realizar las evaluaciones en consociación con mandioca fue un híbrido comercialmente denominado Pioneer 32R48.

DESCRIPCION DE VARIABLES MEDIDAS

Para el muestro, 66 días después de la plantación (ddp), se comenzaron a tomar los primeros datos, y las mediciones se hicieron en sucesivas oportunidades a lo largo del ciclo de los cultivos.

Se realizaron mediciones de variables biométricas y ecofisiológicos a lo largo del ciclo de los cultivos pertinentes. Las variables se midieron a partir de 3 plantas, de cada repetición por lote consociado y 3 plantas de cada repetición de los monocultivos (5m² de mandioca y 0,75 m² de maíz).

Para los tratamientos consociados y monocultivo de mandioca se midió:

- Porcentaje de Radiación Interceptada por el cultivo de maíz y mandioca (%RIc), para lo que se usó un ceptómetro con sensores de radiación PAR, con respuesta espectral en la banda comprendida entre los 400 y los 700 nm de longitud de onda. El porcentaje de (RFA) interceptada por el cultivo se calculó como $[1 - (I_t / I_0)] \times 100$. Donde I_t (radiación interceptada) es la RFA (radiación fotosintéticamente activa), I_0 es la RFA incidente por encima del cultivo.

Las mediciones de I_0 y de I_t se representan con las flechas rojas en las Figs. 6, 7 y 8.

Con estas mediciones se pudo estimar la influencia del sombreado ejercido por el canopeo de las plantas sobre el cultivo asociado, al compararlas con el comportamiento de las especies en monocultivo.

Las mediciones se realizaron en seis ocasiones mientras se encontraba implantado el cultivo de maíz y se promediaron para obtener un valor de referencia.

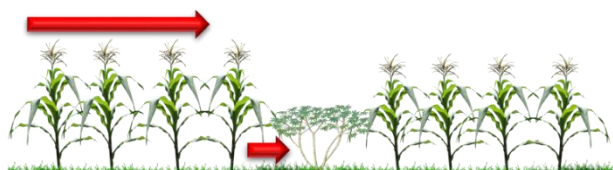


FIG. 6 - MANDIOCA CONSOCIADO CON MAÍZ TEMPRANO

Fig. 6,7 y 8. Las flechas rojas indican donde se realizaron las mediciones de I_0 y de I_t



FIG. 7 - MONOCULTIVO DE MAÍZ

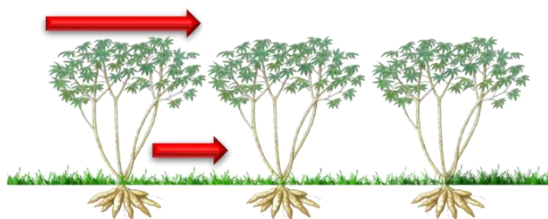


FIG. 8 - MONOCULTIVO DE MANDIOCA

Una vez cosechado el maíz (85 dds) se tomaron datos de:

- Peso promedio de 40 granos (PPGr): previo desgrane y posterior pesaje en balanza de precisión (g),
- Número de granos (NGr) y Números de hileras (NHi): por conteo individual en los choclos de 9 plantas totales por tratamiento,
- Peso seco de tallo con la totalidad de las hojas (PT+H) para cada tratamiento (g) y peso seco de chala (PCh) para cada tratamiento (g planta^{-1}).

Mientras que para el cultivo de mandioca a los 190 DDP, momento en que el cultivo alcanzó su madurez comercial, se tomaron datos de:

- Peso fresco de las raíces, tallos y hojas de cada planta (PFR, PFTa, PFHo): peso en báscula (g planta^{-1}).
- Porcentaje de Materia Seca (%MS) y Almidón de raíces (%Al): por método de gravedad específica (Toro y Cañas, 1983)
- Rendimiento total de raíces (RRT) por unidad de superficie (kg ha^{-1}),
- Rendimiento de raíces comerciales (RRC) por planta (kg ha^{-1}), y por unidad de superficie (kg ha^{-1}).

Finalmente, se determinó el uso eficiente de la tierra (UET) en términos de los rendimientos por hectárea alcanzado para cada cultivo en sus dos sistemas de producción. El UET es la suma de dos o más cocientes, según el número de cultivos que intervengan en la asociación, 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 según Damasceno et al. (2001) y Mattos & Souza (2005).

$$\text{UET} = I_x + I_y + I_z \dots = C_x/M_x + C_y/M_y + C_z/M_z \dots$$

Donde los C_x , C_y , y C_z representan los rendimientos obtenidos en la asociación y M_x , M_y y M_z son los rendimientos de las especies en monocultivo. Por tanto:

$$\text{UET} = \text{CCmand}/\text{MCmand} + \text{CCmaíz}/\text{MCmaíz}$$

Análisis Estadísticos

Se realizó análisis de la varianza (ANVA) y la separación de medias por test de comparaciones múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$), mediante el programa InfoStat v. 2008 (Di Renzo et al., 2008).

DISCUSION Y RESULTADOS

Análisis de parámetros cuantitativos

Los resultados se analizaron dividiéndolos en dos partes, por un lado, se comparó los resultados obtenidos del tratamiento consociado (Mandioca-Maíz) con respecto al tratamiento de monocultivo (Mandioca), que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores promedio del Peso fresco de raíces totales (Kg pl⁻¹), Peso fresco de raíces comerciales (Kg pl⁻¹), Rendimiento de raíces (Kg ha⁻¹), Peso de tallo + hoja (Kg pl⁻¹) y Peso fresco de hoja (Kg pl⁻¹) para el tratamiento con monocultivo de mandioca (T1) y consociado (T2).

Tratamiento	Peso fresco de raíces totales (Kg pl ⁻¹)	Peso fresco de raíces comerciales (Kg pl ⁻¹)	Rendimiento de raíces (Kg ha ⁻¹)	Peso de tallo + hoja (Kg pl ⁻¹)	Peso fresco de hoja (Kg pl ⁻¹)
T1	2,13 B	0,79 B	21.333,3 B	1,14 B	0,63 B
T2	1,02 A	0,22 A	10.222,2 A	0,39 A	0,39 A
CV (%)	33,50	30,34	33,50	28,63	25,05

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

Por otro lado, se presentan los resultados respecto del cultivo de maíz (Tabla 3) para el tratamiento consociado (T2) con el tratamiento de monocultivo de maíz (T5). Se cosechó el maíz temprano y se evaluaron en términos biométricos y ecofisiológicos.

Tabla 3 Medias obtenidas del Rendimiento (Kg ha⁻¹), Peso de parte aérea (Kg pl⁻¹), Peso de 40 granos (granos/espiga), N° Granos para el tratamiento con monocultivo de maíz (T5) y consociado (T2).

Tratamiento	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Peso de parte aérea (Kg pl ⁻¹)	Peso de 40 granos (granos/espiga)	N° Granos	Peso seco de tallo y hoja (g pl ⁻¹)	Peso seco de chala (g pl ⁻¹)	Número de hileras (hilera/espiga)
T2	3502,80 A	102,33 B	9,11 A	459,6 B	98,08 B	19,08 B	15,08 B
T5	2890,71 A	55,11 A	7,22 A	247,5 A	57,17 A	11,25 A	13,08 B
CV (%)	30,02	24,39	24,95	25,80	23,41	27,52	12,65

Tabla 3. Letras iguales no muestran diferencias estadísticas significativas (0,05%).

Según los resultados obtenidos en los términos de esta tesina podemos observar que en la Tabla 2, todos los resultados asociados al cultivo de mandioca mostraron diferencias significativas con valores más altos en el Monocultivo (T1). El rendimiento del cultivo de mandioca se redujo significativamente al ser consociado con maíz en la etapa temprana de su crecimiento.

En la Tabla 3, los resultados para el cultivo de maíz mostraron resultados con diferencias significativas en pesos de parte aérea (PPA) y números de granos (NG), con valores más altos en el tratamiento de cultivo consociado (T2), pero para el rendimiento (Kg ha^{-1}) y peso de 40 granos (g) no hubo diferencias significativas entre tratamientos. El rendimiento del cultivo de maíz no se vió afectado de manera significativa al ser implantado en consociación con el cultivo de mandioca.

En coincidencia con lo expresado por Howeler (2014) el sistema de cultivos consociados (CC) tiende a causar reducciones en los rendimientos de la mandioca, pero los rendimientos de los CC en sí mismos compensan más que suficientemente las pérdidas de rendimiento del primero en un mismo espacio.

Análisis de parámetros cualitativos

Los porcentajes de materia seca (MS %) y de almidón (ALM%) de las raíces de mandioca se denominan comúnmente factores de calidad y varían mucho entre las diversas variedades. Estos factores están ligados con la fertilidad del suelo, la edad del cultivo, y el clima (principalmente las lluvias y la humedad del suelo). Depende mucho también de la severidad del ataque de plagas y de agentes defoliadores como el granizo.

A continuación, podemos ver los datos obtenidos de Materia Seca y Almidón ambos expresados en porcentaje, y en rendimiento por hectárea para cada uno de tratamientos.

TRATAMIENTO	PARCELA	MATERIA SECA (%)	ALMIDÓN (%)	RENDIMIENTO RAÍCES/ALMIDÓN PROMEDIO (Kg ha ⁻¹)
MONOCULTIVO	I	22,34	19,54	21.333,3/4853
	II	30,00	26,25	
	III	25,70	22,48	
	promedio	26,01	22,75	
CONSOCIADO	I	29,39	25,69	10.222,2/3035
	II	40,00	35,00	
	III	32,58	28,50	
	promedio	33,99	29,73	

Tabla 4. Concentraciones promedio de materia seca (%) y almidón (%), rendimiento de raíces frescas y de almidón (kg ha⁻¹) alcanzados en las raíces de mandioca en monocultivo y en consociación.

De lo expuesto en la Tabla 4 podemos afirmar que el haberse alcanzado el 23% de almidón (base para la industria) en ambos tratamientos, permite un marco más amplio de posibilidades para la comercialización de las raíces, ya que podrían destinarse tanto a la industria como al consumo en fresco. Asimismo, podemos observar que los parámetros de calidad relacionados a los contenidos de materia seca y almidón de raíces, fueron favorecidos por el sistema de cultivo consociado a pesar de haberse observado reducciones significativas en los rendimientos.

Análisis del sistema de producción.

El índice de uso eficiente de la tierra (UET) calculado para el sistema consociado fue:

$$\text{UET T2: } 10.222/21.333 + 3.502/2.890 = 0,479 + 1,2117 = 1,6908.$$

El UET calculado (>1), mostró que el sistema consociado maíz-mandioca resultó ser eficiente. De esta forma, serían necesarios 1,69 ha de monocultivo (0,47 ha de mandioca + 1,21 ha de maíz) para poder obtener las producciones equivalentes a 1 ha en sistema consociado.

Esto indica que los monocultivos de mandioca y maíz requieren de 69% más de superficie, para superar la productividad del agrosistema asociado. El sistemas consociados presenta un valor de UET >1, 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, también se evaluó radiación interceptada (%Ric) para ambos cultivos en todos los tratamientos. En la Tabla 5 se puede observar el promedio de %Ric para cada tratamiento

Tabla 5. Porcentaje de Radiación interceptada promedio (%) por el cultivo de mandioca y maíz en el sistema consociado y en monocultivo.

TRATAMIENTO	Radiación incidente ($\mu\text{MOL m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Radiación interceptada en maíz (%)	Radiación interceptada en mandioca (%)
MONOCULTIVO DE MANDIOCA (T1)	1446	-	80
CONSOCIADO (T2) MANDIOCA-MAÍZ	1663	66	34
MONOCULTIVO DE MAÍZ (T5)	1546	60	-

Se comprobó que en el cultivo consociado (T2) la planta de maíz, debido a su arquitectura, redujo en un 42,5% el porcentaje de radiación interceptada por el cultivo de mandioca, lo que explica la disminución del rendimiento de mandioca en este sistema. Pudiendo comprobarse que el sombreado producido por el cultivo de maíz, redujo la cantidad de radiación que llega al cultivo de mandioca. La planta de maíz influyó en la intercepción de la radiación y causó variaciones significativas en el rendimiento de orden estadístico en el cultivo de mandioca, que se explican por la reducción significativa en la biomasa aérea total y particionada que podrían estar asociadas a reducciones del área foliar por planta (Tabla 2).

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). El beneficio en el CC se produce cuando 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).

En nuestra experiencia, la competencia interespecífica fue desigual y perjudicó en este caso al cultivo de mandioca.

CONCLUSIÓN.

Si bien no se pudo cumplir completamente lo previsto en el diseño del experimento, con la parte que si se pudo llevar adelante se sacó la siguiente conclusión:

El rendimiento del cultivo de mandioca se vió significativamente reducido por efecto de la consociación temprana con el cultivo de maíz.

En términos cualitativos, la concentración de materia fresca y almidón de raíces se vió favorecida por la consociación.

El sistema de producción basado en el cultivo consociado de ambas especies resultó exitoso en términos de uso eficiente de la tierra y apto para ser aplicado en las condiciones agroecológicas evaluadas.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Andrews, D.J. and A, H. Kassam. 1976. Tierra Tropical. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: Multiple cropping, ASA Special Publication N°.27. 10p.
2. Acosta, A.C. Tamayo, R Palacios. 2002. Caracterización Morfológica y extracción de ADN de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la Universidad Earth, Costa Rica. R. A. Tierra Tropical 2: 67-75.
3. 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.
4. 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.
5. Cenóz, P.J. y A.M. Burgos. 2012. Metodos de podas y precosecha de mandioca cultivadas en corrientes, Argentina. Revista UDO Agrícola, Rca. de Venezuela.12 (3):550-558
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. CFI. 2019. Proyecto: "Recuperación y desarrollo productivo de los cultivos de batata y mandioca en la provincia de Corrientes". 168 p.
11. 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 vulgaris* L.) 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. Fecha de consulta: 5/08/08.
12. Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C. 2008. InfoStat v. 2008. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. 336 pp.

13. 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 e jotoero-girasol en Toluca, México. *Revista Ciencias Agrícolas Informa* 21(2): 86-96.
14. Escobar, E.H.; Ligier, D.; Melgar, D.; Matteo, M.; & Vallejos, O. 1996. Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Iratí de la Provincia de Corrientes, Argentina. P. 129 Publicación del Convenio INTA – ICA y Pcia. de Corrientes CFI Argentina.
15. Eyherávide. G. (Ed). 2015. Bases para el Manejo del Cultivo de maíz. INTA Pergamino. 299 pp ISBN: 978-987-679-141-0. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maíz_reglon_100-2_2.pdf. Fecha última consulta: 4/11/19.
16. FAOSTAT, 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Fecha última consulta: 22/10/19
17. Gallego, L.; Ronco, S y Melgar R. 1991. Prov. de Corrientes. Caracterización Agroclimática Tomo 5. 2º etapa Agroecología de los Cultivos. 188 pp.
18. Garay, J.A., Colazo, J.C., Thornton, R., Rivarola, R.A., Bernasconi, H.O., Verges, M.A., y E.O. Montiel. 2015. El cultivo de maíz en San Luis. INTA San Luis. 168 pp ISSN: 0327-425X. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/el-cultivo-de-maiz-en-san-luis>. fecha de consulta: 20/11/19.
19. Howeler, R. 2014. Sustainable soil and crop management of cassava in Asia. CIAT. 280 pp.
20. Ligier, H.D. 1997. Estrategias para una agricultura sustentable en pequeñas propiedades. E.E.A. INTA Corrientes, Argentina. 20 pp.
21. Leihner, D. 1986. Yuca en cultivos asociados Manejo y Evaluación. Documento N° 50, Capítulo III. pp. 261-309. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
22. 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.
23. 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
24. 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.
25. Morel, F. 1998. El Cultivo de Mandioca. Cartilla N°24. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, Misiones. 15 pp

26. Moreno, R.A., R D. Hart. 1979 Intercropping with cassava in Central America. In intercropping with cassava. Weber, E. Nestel, B., and Campbell, M. eds. IDR-142e 17-24p.
27. Murphy, Guillermo. Comp, et al. atlas agroclimatico de la argentina. 1a ed. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomia, 2008. Xxii, 130 p. ISBN 9789502910666
28. 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.
29. 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).
30. Ruthenberg, H. 1971. Farming systems in the tropics. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom.
31. 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.
32. Toro J, Cañas A.1983. Determinación del contenido de materia seca y almidón en yuca por el sistema de gravedad específica. En Domínguez C (Ed.) Yuca: investigación, producción y utilización. PNUD/CIAT. Cali, Colombia. pp. 567-575.
33. Ternes, M. 2002. Fisiología da Planta. Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americano. Fundación Cargill. San Pablo, Brasil. 4:66-82.
34. 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>.

ANEXO

