



Trabajo Final de Graduación

Modalidad Tesina

Título:

Evolución temporal de variables cuali-cuantitativas de siete clones de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

Tesinista: Zacarías Gonzales, Cristina Marlene

Asesora: Ing. Agr. (Mgter) Burgos, Ángela María

Tribunal Evaluador: Bioq. (Mgter) María L. Ortiz

Ing. Agr. (Dra). Paula Alayón Luaces

Dra. María L. Pérez

2020

INDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
CONCLUSIÓN	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40

Resumen

La mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) es un cultivo que por su plasticidad se adapta a diferentes condiciones ambientales, posee versatilidad (es rústico), no es exigente en cuanto a fertilidad de suelo y clima, en la provincia de Corrientes se ve favorecido por los suelos profundos y sueltos lo que permite un buen desarrollo de raíces. Tanto las raíces como las hojas de la mandioca pueden ser utilizadas en la alimentación humana y animal. Las primeras son una fuente importante de hidratos de carbono, y la segunda de proteínas, minerales y vitaminas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar cuantitativa y cualitativamente en el tiempo la producción y calidad de siete clones de mandioca, denominados Verde Santa Ana, Amarilla Marcelo, Palomita, Blanca de Santa Catalina, Rocha, Ramada Paso y Yerutí. Para ello, se realizó un ensayo en el Campo Didáctico y Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE en el Dpto. Capital de la Provincia de Corrientes que se extendió entre al año 2017 y 2019.

Se estudiaron variaciones temporales (entre los 6 y 18 meses después de la plantación) de la biomasa total y su partición a tallos, hojas y raíces; la calidad industrial de raíces a través de la medición de los porcentajes de almidón y de materia seca y la calidad culinaria de raíces a través de los tiempos de cocción. Finalmente, se evaluó la calidad nutricional de las hojas por su aporte proteico a través de determinaciones químicas.

Los resultados obtenidos indicaron diferencias significativas entre clones en el tiempo y las aptitudes de los mismos para los diferentes destinos potenciales de producción. Se destacaron por rendimiento de raíces totales y de almidón (kg ha^{-1}) los cvs. Rocha, Verde Santa Ana y Amarilla Marcelo. Los clones que presentaron buena calidad culinaria, hasta el mes de mayo fueron Amarilla Marcelo, Palomita y Blanca de Santa Catalina e inclusive hasta el mes de junio en los dos últimos clones. Los cvs. Verde Santa Ana y Rocha obtuvieron buen rendimiento de follaje seco (kg ha^{-1}) y de proteína bruta (kg ha^{-1}) destacándose para fines forrajeros.

Introducción

La mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) pertenece a la familia de las Euphorbiaceae. Se la conoce con diversos nombres vulgares como yuca, cassava, manioc, manioca, tapioca, suahili, mhogo y omowgo (Ceballos, 2002).

La mandioca es una planta originaria de América Tropical, que se desarrolla bien en suelos ácidos, de baja fertilidad y es tolerante a la sequía. Prospera en climas con temperatura media anual de 20 a 27 °C (por debajo de 12 °C se inhibe su desarrollo). Se adapta a distintos regímenes pluviométricos, desde 600 a 2.000 mm anuales, siendo el óptimo 1.300 mm anuales. Crece muy bien en suelos con texturas medias como los francos o francos arenosos (Montaldo, 1979; Ospina y Ceballos, 2002).

La mandioca es actualmente cultivada en cerca de 180 naciones, distribuidas en tres de los cinco continentes. Se estima que la producción total en el mundo es de 270 millones de toneladas, distribuidas en 23,5 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2018). Los principales productores se concentran en países de África (50%), Asia (35 %) y América (15 %). Constituye el principal alimento, de más de 1000 millones de personas en el mundo, siendo consumidos históricamente por los sectores de menores ingresos (Ospina y Ceballos, 2002). Argentina es el más austral entre los países productores de mandioca de Latino-América. En el período comprendido entre el año 2010 y 2016 produjo unas escasas 186.000 toneladas distribuidas en 18.600 has (FAOSTAT, 2017).

Los productos de mandioca tienen distintos destinos y mercados. Según el informe de Banco Mundial el principal destino es la alimentación humana que predomina en los países de bajos recursos. Un cuarto de la producción mundial tiene como destino la alimentación animal por medio de pellets y chips secos de mandioca, productos que compiten con los granos para la alimentación. Finalmente, la producción de fécula utiliza otro cuarto de la producción mundial de mandioca que también compite con otros almidones y féculas (maíz, trigo y papa), según lo expresado por Bongiovanni et al. (2012).

Si bien se la cultiva sobre todo por sus raíces ricas en hidratos de carbono, en algunas partes del mundo, como África y Brasil, también las hojas, ricas en proteína bruta (24%) son utilizadas para la alimentación humana, como verdura fresca o deshidratada, además de ser un recurso importante en la alimentación del ganado doméstico (Uset, 2009).

En Argentina, en la región nordeste de país se la cultiva por sus raíces a escala de pequeños productores asociados en cooperativas que alcanzan un ámbito de comercialización principalmente nacional, alcanzando un valor comercial bastante escaso (Bongiovanni et al., 2012). Las provincias que se destacan por su producción son Misiones, con 10.000 ha, Corrientes con el 3500 ha, Formosa con el 1100 ha y por último Chaco con 450 ha, según los datos provistos por los Ministerios de Agricultura de las respectivas provincias para la última campaña del año 2017.

En Misiones se encuentra el 100% de la actividad relacionada al procesamiento de raíces de mandioca a escala industrial. Aun así, solo el 25 % de la producción es destinada a la industrialización para la obtención de fécula, procesando alrededor de 40.000 a 50.000 toneladas de raíces lo que equivale a 10.000 a 12.000 toneladas de fécula que no alcanzan a

cubrir la demanda histórica nacional de 15.000 a 18.000 t año⁻¹ (CAFAGDA, 2017). Esta situación lleva a que Argentina importe fécula de Asia por ser aún más competitiva que la de países más cercanos. Las fábricas de almidón que son un importante eslabón de la cadena de valor de la mandioca, se abastecen comprando las raíces a socios de las cooperativas o a productores independientes de la cuenca productora misionera. Desde el punto de vista comercial, la capacidad industrial instalada permite procesar unas 292.000 toneladas de raíces al año, equivalentes a unas 73.000 toneladas de fécula. A pesar de existir actualmente en funcionamiento unas 11 plantas industriales procesadoras de fécula de mandioca en Misiones (4 cooperativas y 7 empresas familiares), no pueden alcanzar a cubrir su capacidad productiva por falta de materia prima, generándose una competencia entre sí por acceder al escaso producto, que además no posee la calidad necesaria. En general, los 7 clones utilizados con destino industrial son los mismos destinados al consumo humano (exceptuando Amarilla y Rocha) a los que se le agregan Blanca de Santa Catalina (Burgos, 2018). A partir de los 8 y hasta los 18 meses de plantación se cosechan las raíces para la industria y la molienda de mandioca se realiza en el período que va de marzo a septiembre, que es el período en el cual se dispone de materia prima.

Particularmente el cultivo de mandioca en la Provincia de Corrientes, ocupa un lugar importante en la chacra de los pequeños productores, donde el rendimiento promedio es de 12,07 tn ha⁻¹ (MP, 2017) y las raíces se destinan a la comercialización en fresco como hortaliza para consumo de mesa.

Por todo lo expresado, al ser un cultivo con una gran plasticidad, la época de cosecha va a ser dependiente del uso final según se priorice la calidad culinaria (6 a 10 meses) o la calidad industrial (hasta 24 meses) (Montaldo, 1979).

En numerosos estudios experimentales llevados a cabo por la Cátedra de Cultivos III de la FCA UNNE, se han encontrado rendimientos de incluso 40 t ha⁻¹ de raíces frescas, lo que da cuenta de la importancia del manejo para que se exprese el rendimiento potencial del cultivo en interacción con el ambiente. De hecho, las condiciones de suelos y clima de nuestra provincia, son excelentes para el desarrollo de esta especie, que posee alrededor de 17 % de suelos con aptitud moderada a muy apta para el cultivo de mandioca (Gallego *et al.*, 1991.).

La importancia nutritiva de las raíces tuberosas de mandioca reside en que son principalmente fuente de carbohidratos. Contiene minerales como calcio, magnesio, fósforo, hierro y potasio. Aporta vitaminas A, C, B2, B3, B6 y B9 (ácido fólico) y no aporta grasas (Ospina y Ceballos, 2002). Es de fácil digestión, brinda saciedad y es un alimento libre de gluten, por lo tanto, es muy importante para personas celíacas.

Las hojas y ramas de mandioca proveen además un forraje económico y muy valioso para el ganado, valorado como suplemento proteico (Gil Llanos, 2015).

El centro internacional de agricultura (CIAT) conserva *in vitro*, en el banco de germoplasma, la mayor colección de mandioca del mundo procedente de 28 países, 6643 clones de *Manihot esculenta* que incluyen 5.352 clones tradicionales, 883 especies silvestre y 408 materiales mejorados. De la colección mundial se seleccionó una muestra representativa de la variabilidad del germoplasma de mandioca llamada *core collection* que incluyen 630 clones. Dentro de la colección mundial existen 122 accesiones procedentes de Argentina y dentro de la *core collection*

8 clones pertenecen a este país. Estos clones fueron introducidos en Argentina en varias etapas de los años 1983, 1994, 1995, 2002 (<http://isa.ciat.cgiar.org/urg/cassavacollection.do>).

La diversidad genética es resultado de la selección natural durante la evolución de la especie, en pre y post domesticación. En los diversos ambientes, la selección resultó en una amplia diversidad de clones con adaptaciones específicas a determinados ecosistemas (<http://isa.ciat.cgiar.org/urg/cassavacollection.do>). Los clones de mandioca tradicionalmente difundidos, han estado bajo presiones de selección y de multiplicación vegetativa durante considerables períodos de tiempo y su efecto puede resultar en un decrecimiento acumulativo de la calidad del material de plantación después de muchos ciclos de propagación vegetativa (Lozano, 1987). El efecto de la mala calidad de los órganos de propagación sobre la producción es imprevisible, pero a veces reduce los rendimientos en mucho más de 50% (Lozano, 1987). Por lo tanto se recomienda hacer una selección positiva de las plantas que van a suministrar el material de plantación para las parcelas de “semillas” (*).

El rendimiento y la calidad de la mandioca dependen de la capacidad productiva y de las características del material genético utilizado. El potencial de rendimiento de los clones se expresa con el manejo del cultivo, utilizando prácticas agronómicas e insumos adecuados. Los clones de mandioca se clasifican en: clones para consumo fresco y clones para la industria, siendo el contenido de ácido cianhídrico el criterio principal para diferenciarlas (Aristizábal y Calle, 2015).

En los últimos años, frutos de varios años de investigación, se han seleccionado clones de mandioca con propiedades particulares, como son los clones amarillos con altos contenidos de betacaroteno, las cuales pueden ser utilizadas en las dietas del sector avícola particularmente, además de poseer un gran valor nutricional para dieta de personas con deficiencias de vitamina A, lo cual llevó a su introducción y difusión en países africanos (Aristizábal y Calle, 2015). Para empezar cualquier emprendimiento donde se apueste a otorgar mayor valor agregado o donde la mandioca sea un ingrediente principal, primero habrá que saber qué variedad (clon) es más apto para satisfacer la demanda de ese mercado (fécula, elaboración de cervezas, forrajes, harinas, consumo de mesa, etc.).

La productividad de la mandioca se determina por la tasa de producción de biomasa y por su eficiencia para acumular fotosintatos particularmente en las raíces tuberosas (Ramanujan, 1990). La importancia de caracterizar a los diferentes clones radica en que cada uno tiene un comportamiento diferente y un tiempo óptimo de cosecha, esto determina el uso final del producto (raíces u hojas); si bien estas características dependen de las condiciones inherentes al sitio en que se cultiva y del manejo que éste reciba (Cock, 1989; Ceballos, 2002).

Por todo lo expuesto, conociendo la base genética se comienza con el primer eslabón de la trazabilidad del producto; allí radica la importancia de esta tesina y de los datos que se obtendrán para ser transmitidos a los productores y técnicos de la zona.

(*) El término «semilla» se utiliza para el material de propagación asexual conocido comúnmente como estacas.

Objetivo General:

- ✓ Caracterizar el comportamiento en términos de productividad y calidad de diversos clones de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de interés para la Provincia de Corrientes.

Objetivos Específicos:

- ✓ Realizar el seguimiento de siete clones de mandioca cultivados en Corrientes durante un lapso máximo de 18 meses.
- ✓ Cuantificar mensualmente la partición de biomasa a tallos, hojas y raíces de los diferentes clones a partir de los 6 meses y hasta un máximo de 18 meses de plantado.
- ✓ Cuantificar mensualmente la calidad industrial de raíces a través de la medición del porcentaje de almidón y materia seca de las mismas por clon.
- ✓ Cuantificar mensualmente la calidad nutricional de las hojas a través de determinaciones de los porcentajes de proteína por clon.

Materiales y Métodos

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) localizado sobre la Ruta Nacional N°12, Km 1031 en Corrientes, Prov. de Corrientes (27°28' 27.23''S; 58°47'00.6''O; 50 msnm). (Fig. 1)



Figura 1: Localización del predio del campo Didáctico y Experimental de la FCA indicando el lote destinado a la plantación y el que se cosechó (derecha)

El lote destinado a la producción de mandioca se encuentra ubicado al Norte y cuenta con una superficie de 320 m².

Caracterización climática

La provincia de Corrientes tiene un clima subtropical, muy cálido en el verano pero con heladas en invierno. Tomando la clasificación de Köppen modificada, el clima se clasifica como mesotermal húmedo, Cf w'a (h) (Murphy, 2008). La precipitación media anual oscila entre 1300 y 1400 mm. La temperatura media anual es de 21,6°C, la media mínima es inferior a 18°C. La frecuencia de ocurrencia de heladas es de 0,5.

Caracterización edáfica

El suelo del sitio de experimentación ha sido clasificado como Entisol del subgrupo Udipsament árgico, perteneciente a la serie 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 primer limitante y en segundo lugar susceptible a erosión eólica (Escobar et al., 1996).

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., 1994).

Tabla 1. Análisis químico de suelo el lote experimental en el Didáctico y Experimental de la FCA

Profundidad	pH	N	MO	K	Ca	Mg	P
cm		%		meq/100g			ppm
0-10	5.56	0,04	1,34	0,13	1,60	0,43	9
10-20	5.57	0,04	0,70	0,14	1,49	0,11	12

El suelo no presenta impedancia en el perfil para el crecimiento de raíces y tiene excelentes condiciones físicas para este cultivo.

Caracterización morfológica

La descripción botánica de la especie se basó en el análisis de los caracteres morfológicos que, cuando son constantes, permiten tipificar a la especie. Sin embargo, la expresión de muchas características es variable y está influenciada por el ambiente, por ejemplo la arquitectura de una determinada variedad puede cambiar drásticamente cuando es plantada en otro ambiente (Ceballos, 2002).

Posición sistemática

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Malpighiales*

Familia: *Euphorbiaceae*

Subfamilia: *Crotonoideae*

Tribu: *Manihoteae*

Género: *Manihot*

Especie: *esculenta* Crantz

Las principales partes de la planta madura representan un promedio de 50 % raíces, 40 % tallo y 10 % hojas (Uset, 2009). Estas proporciones son afectadas por los clones y las condiciones del suelo y el ambiente. Las raíces almacenan almidón y representan la parte de mayor valor económico de la planta. Los tallos sirven como “semilla” para la multiplicación vegetativa del cultivo. Las hojas formadas por la lámina foliar y el pecíolo, tienen forma palmeada y profundamente lobulada y son fuentes de proteína, fibra, minerales y vitaminas. El número de lóbulos por lo general impar, varía entre 3 y 9, dependiendo de la variedad (Montaldo, 1978). La mandioca es una planta monoica y la floración depende de las condiciones ambientales; no todos los clones florecen y existen variabilidad entre el tiempo de floración (protoginia) y la cantidad de flores.

Las raíces de mandioca pueden tener formas y tamaños muy variables, características que depende de la variedad y de las condiciones edafoclimáticas del cultivo.

Las hojas de la mandioca contienen alrededor de 72 % de agua, 10,6 % de carbohidratos, 6,8% de proteína cruda y 5,8% de fibra cruda (Aristizabal y Calle, 2015). El nivel de proteína en las hojas varía dependiendo de la variedad, la edad, la época de la cosecha, el suelo y la proporción entre hojas y tallos (Aristizabal y Calle, 2015).

Descripción del material biológico

Los clones de mandioca que se utilizaron fueron siete: Verde Santa Ana, Amarilla Marcelo, Palomita, Blanca de Santa Catalina, Rocha, Ramada Paso y Yerutí.

Amarilla Marcelo y Verde Santa Ana provienen del banco de germoplasma del INTA Cerro azul. Los demás son todos de la colección de la Cátedra de Cultivos III que se encuentra en el Campo Experimental (FCA UNNE).

La coloración de la pulpa de las raíces nos permite reconocer fácilmente al clon Amarilla por la pigmentación característica de la misma. El resto de los clones presenta la pulpa de color blanco, pero en el cv. Rocha se encuentran vestigios de pigmentos rojizos en el cambium de las mismas. La importancia de caracterizar a los diferentes clones radica en que cada uno tiene un comportamiento diferente y un tiempo óptimo de cosecha, esto determina el uso final del producto (raíces u hojas); si bien estas características dependen de las condiciones inherentes al sitio en que se cultiva y del manejo que ésta reciba (Cock, 1989; Ceballos, 2002).

Diseño experimental

Se instalaron ensayos experimentales en el Campo Didáctico Experimental de la FCA UNNE. La implantación de todos los clones se realizó el día 27 de septiembre de 2017 con estacas caulinarias en posición horizontal. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar, con 7 tratamientos (T) que estaban representados por los clones de mandioca en sí mismos, con tres repeticiones cada uno: Verde Santa Ana (T1), Amarillo Marcelo (T2), Palomita (T3), Blanca Santa Catalina (T4), Rocha (T5), Ramada Paso (T6), Yerutí (T7).

El marco de plantación fue de 1 m x 1 m y la unidad experimental de 40 m x 8 m y cada bloque de 8 m x 12 m con un diseño completamente aleatorizado. Cada bloque contaba con 7 hileras y cada hilera contaba con 13 plantas. Se estableció un líneo de mandioca periférico alrededor de todo el lote a fin de establecer una bordura.

En cada fecha de muestreo se tomaron 3 plantas por clon. Los muestreos se realizaron mensualmente desde el mes de marzo hasta el mes de junio (6-10 meses después de plantado) y bimestralmente después del receso del cultivo en los meses de septiembre, diciembre y marzo (12, 15 y 18 meses después de plantado). De esta manera cada clon constaba de 21 plantas muestreadas en el tiempo.

Variables medidas:

En el cultivo se realizó una caracterización agronómica cuantitativa de los clones para poder evaluar su potencial midiendo parámetros cuantitativos como:

- 1) Retención foliar (%): esta variable se determina visualmente dividiendo imaginariamente la planta en 4 estratos foliares y estableciendo la siguiente escala:
1: retención de 0-25%, 2: 26-50%, 3: 51-75%, 4: 76-100% de follaje retenido.
- 2) Biomasa fresca aérea total (BFAT g pl⁻¹): se determinó por cada planta pesando en una báscula en fresco.
- 3) Biomasa fresca de hojas (BFh g pl⁻¹): se determinó extrayendo la totalidad de las hojas de cada muestra individualmente y pesándola en báscula.

- 4) Biomasa fresca de tallos (BFt g pl⁻¹): se determinó después de haber extraído la totalidad de las hojas de cada muestra individualmente y pesando en báscula todos los tallos de cada planta muestreada.
- 5) Biomasa fresca total de raíces por planta (BFTR g pl⁻¹): peso de la totalidad de las raíces previamente lavadas.
- 6) Número total de raíces por planta(N°TR): por conteo.
- 7) Número y peso de raíces comerciales (N°Rc PRC g pl⁻¹): se consideró comercial a aquellas raíces tuberosas cuyo diámetro fue ≥ 5 cm y una longitud ≥ 20 cm. Por observación visual y pesaje en báscula.
- 8) Índice de cosecha (IC): es una relación calculada entre el rendimiento del producto comercial y la biomasa total, esto nos sirve para conocer el momento óptimo de la cosecha, que en el caso de la mandioca debe ser superior a 0,50. El mismo fue determinado a través del pesaje de tallos, hojas, y raíces.

También se evaluaron parámetros cualitativos como:

- 1) Calidad industrial: Método de Toro y Cañas (1983). Porcentaje de materia seca y almidón de raíces (%): se utilizó el método de la gravedad específica descripto más abajo.
 Por clon se tomaron tres muestras de las raíces recientemente cosechadas, cuidando que las mismas sean representativas, es decir, raíces gruesas, delgadas, grandes y pequeñas, cortando previamente el pedúnculo. El 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 el peso fresco de raíces en el aire (PFRAi), procurando que la misma pese 3kg. Una vez que tenemos el PFRAi se debe tomar 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 (Fig. N°2). Una vez obtenido el peso de todas las muestras se calcula la GE utilizando la siguiente fórmula:

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

Referencia

GE: gravedad específica

PFRAi: peso fresco de las raíces al aire

PFRAg: peso fresco de las raíces al agua

El resultado 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).



Figura 2: Balanza utilizada en el método de gravedad específica

- 2) Calidad culinaria de raíces: se muestrearon aleatoriamente 3 raíces de tres plantas de cada uno de los 7 clones de mandioca estudiadas evaluadas a los 6, 7, 8, 9, 12, 15 y 18 meses de plantadas, siguiendo la metodología propuesta por Talma et al., 2013. Dichas raíces reunieron la condición de poseer tamaño comercial, lo que se correspondió con un diámetro mínimo superior a 5 cm y una longitud \geq a 20 cm, fueron peladas y cortadas en trozos de unos 10 cm de longitud para uniformizar la muestra, pero preservando el diámetro de cada raíz como característica peculiar del clon, se eliminaron los extremos de las mismas y fueron peladas e introducidas en agua hirviendo para su evaluación a los 30 y/o 40 minutos. La relación mandioca:agua fue de 1:10 aproximadamente. Esto se evaluó realizando una punción con un tenedor, y calificando la resistencia que ofrece a la presión del mismo estableciendo valores binarios, tales como cocida (+) y cruda (-), y caracterizándose la primer situación cuando estas ofrecían poca resistencia a la penetración por el tenedor, perpendicularmente en relación al largo de la raíz.
- 3) Calidad nutricional de hojas: Se determinó a través del Porcentaje de Proteína Bruta (PB%) presente en muestras foliares: el Nitrógeno (%N) se determinó por método (micro-Kjeldahl) y la Proteína Bruta (%PB) se calculó por fórmula a partir del %N multiplicado por el factor de conversión 6,25 (Page et al., 1982). Dichos análisis fueron realizados en el Laboratorio del CE.TE.PRO a través de la Carta Acuerdo vigente entre la Cátedra de Cultivos III y el Ministerio de Producción de la Prov. de Corrientes.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y posterior separación de medias por el Test de Duncan (0,05%), habiéndose realizado una transformación para bajar los coeficientes de variación. El software utilizado para el análisis estadístico fue Infostat vers. 2019 (Di Rienzo et al., 2019).

Manejo del experimento

Todas las estacas de los 7 clones se implantaron a igual densidad, en la misma fecha y fueron conducidas de igual manera a fin de uniformizar las condiciones del ensayo. Se realizaron análisis de suelo para determinar el requerimiento de nutrientes y fertilizar según las recomendaciones

de Howeler (2014) para que todos los clones se encuentren en igualdad de condiciones y sin restricción nutricional. Las malezas fueron controladas por medio de carpidas y aplicaciones oportunas de herbicidas. Las prácticas de manejo se describen a continuación.

Preparación del suelo

El producto económico de la mandioca son las raíces tuberosas que se desarrollan bajo el suelo y, por lo tanto, se requiere una buena preparación del mismo. El suelo destinado al cultivo es de textura arenosa de modo que no presentó problemas de compactación ni impedimentos mecánicos y con las tareas realizadas se consiguió dejarlo mullido, para lo cual se realizaron aradas y rastreadas dobles cruzadas un mes antes de la fecha de implantación, seguidamente se realizó la marcación y procedió a realizar la plantación ocupando una superficie total de 320 m².

La plantación fue realizada de forma manual. Al llevar a cabo la misma se tuvo en cuenta variables tales como profundidad y longitud de las estacas. La profundidad de plantación fue de 5 a 8 cm, y la longitud de las estacas fue de 10 a 15 cm.

Análisis químico del suelo

Conociendo la necesidad de nutrientes que requiere el cultivo en su ciclo recurrimos a la realización de un muestreo de suelo para saber que disponibilidad tiene el suelo y en qué medida es necesaria la fertilización.

Se separó cuidadosamente la cobertura vegetal del suelo, se empleó una pala, luego se abrió un pozo, se extrajo la porción del suelo y manteniéndola sobre la pala se procedió a eliminar los bordes laterales, de tal manera que la parte seleccionada tenga 10 cm de ancho, y la longitud sea igual a la profundidad a la cual se realizó el muestreo de suelo. La profundidad a la cual se tomaron las muestras fueron a los 0-10 cm y otra a los 10-20 cm, ya que las plantas tienen su mayor densidad de raíces a la profundidad de arada (0-20cm).

Se extrajeron 9 muestras en un diseño en zig zag, una vez recogidas todas las submuestras se realizó el cuarteo de la misma. Se eliminaba alternativamente una porción de suelo, hasta quedar con una muestra compuesta por 5 submuestras de 1 kg aproximadamente

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. Por otra parte extrae considerables cantidades de nutrientes del suelo, especialmente N y K, y el cultivo continúa sin fertilización adecuada conduciría pronto al agotamiento del suelo y a rendimientos reducidos (Howeler, 2014).

El muestreo y posterior análisis del suelo, se convierte en una herramienta muy importante antes de la plantación para diagnosticar y corregir problemas nutricionales, evitando que aparezcan deficiencias que afecten el crecimiento y el desarrollo de una planta.

La deficiencia de Nitrógeno es más común en suelos arenosos o muy ácidos donde el bajo pH puede disminuir la descomposición microbiana de la materia orgánica, además de presentar estos suelos bajos niveles de la misma. La deficiencia de Fósforo también es muy común en suelos ácidos.

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 por cada 100 g de suelo seco (meq/100g de suelo seco). El mismo fue llevado a cabo en el CE.TE.PRO.

Es importante conocer la necesidad de fertilización de un cultivo y eso está dado en base a la siguiente fórmula:

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

Referencias

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

Los requerimientos nutricionales del cultivo (RPC) se refieren a los nutrientes extraídos por el cultivo al final del ciclo del cultivo (cosecha), es decir que son los nutrientes que la misma necesita para completar su desarrollo.

En la Tabla 2 se puede observar la extracción de nutrientes para producir 30 toneladas de raíces frescas (Howeler, 2014).

Tabla N°2: Extracción de nutriente para 30 Tn de raíces fresca

Nutriente	Requerimiento Kg/ha para 30 Tn ha⁻¹ de raíces
Nitrógeno (N ₂)	132,6
Fosforo (P)	20,1
Potasio (K)	107,4
Calcio (Ca)	40,8
Magnesio (Mg)	24,6

Para cuantificar la disponibilidad del nutriente se deben expresar los resultados del análisis en términos de Kg ha⁻¹. Para ello, debemos tener en consideración la densidad aparente (1,3 g/cm³), la profundidad de arada, que está dada en base a la profundidad de las raíces, con el fin de obtener el peso de la hectárea, para expresar los meq/100 g de suelo seco en kg/ha.

Con los datos del requerimiento ponderado del cultivo (RPC), la disponibilidad del nutriente en el suelo (S), y la eficiencia de la fertilización (E) que en este caso fue 60% recomendado por Ospina y Ceballos (2002). Se procedió a la utilización de la fórmula antes mencionada, y en base a los resultados se determinó necesaria la dosis por planta de 30 g de urea para aportar Nitrógeno. Esta dosis calculada fue fraccionada en dos aplicaciones. Por lo tanto se dio 15g de urea por cada planta en forma de medialuna en cada aplicación. La primera aplicación se realizó a los 30 días de la plantación y la segunda a los 45 días de la primera.

Control de malezas

Las malezas representan un problema de gran importancia en la mandioca. Se ha observado que la presencia de la maleza durante los primeros 60 días del ciclo del cultivo causa una reducción de los rendimientos de aproximadamente el 50% en comparación con mandioca libre de maleza

durante todo el ciclo (Calle, 2002), por lo que suele ser un factor determinante en el desarrollo de la planta y en su posterior rendimiento.

Existen diferentes opciones para controlar las plantas competidoras. El control debe ser sistemático e integrado. Se utilizaron controles culturales, manuales y químicos. El control cultural agrupó prácticas específicas que lograron hacer que el cultivo sea más competitivo que las malezas; la selección adecuada del clon, el uso de estacas de buena calidad, óptima densidad de plantación y la protección del cultivo. El control manual fue importante como consecuencia del lento crecimiento inicial de la planta, por ese motivo fue necesario hacer varios deshierbes con implementos manuales, hasta cuando el cultivo cerró completamente el entresurco e impidió el desarrollo de las malezas por la reducción en la entrada de luz.

El control químico se realizó utilizando un herbicida pre emergente (metaloclor, Dual Gold ® a razón de 2 l ha⁻¹), el que redujo la incidencia de malezas en el lote por un período que osciló entre 30-45 días, durante el cual el follaje no había cerrado aún. La aplicación se realizó con mochila manual (Guaraní ®). Posteriormente se realizó una aplicación de Glifosato dirigido con pantalla y con guante químico. Finalmente, en el líneo se reforzaba el control de las malezas con carpidas manuales.

Resultados y Discusión

Parámetros cuantitativos

1. Retención foliar

Esta variable se determinó visualmente dividiendo imaginariamente la planta en 4 estratos en sentido vertical.

Observando la Figura 3 se visualiza que todos los clones a excepción de Rocha luego de los 6 meses después de plantación, DDP, (mar-18) retienen el follaje en un rango de 76-100 %, que según la escala correspondería al valor 4. En esta instancia el cultivo se encuentra en la máxima actividad fisiológica, la concentración de mayor parte de los nutrientes absorbidos aumenta en las hojas, especialmente en la superiores, donde el proceso de elaboración de asimilados o compuestos orgánicos se acumula en órganos como las raíces tuberosas. Este aumento progresivo va hasta el sexto mes DDP y comienza a disminuir a partir de allí (Aristizábal y Calle, 2015).

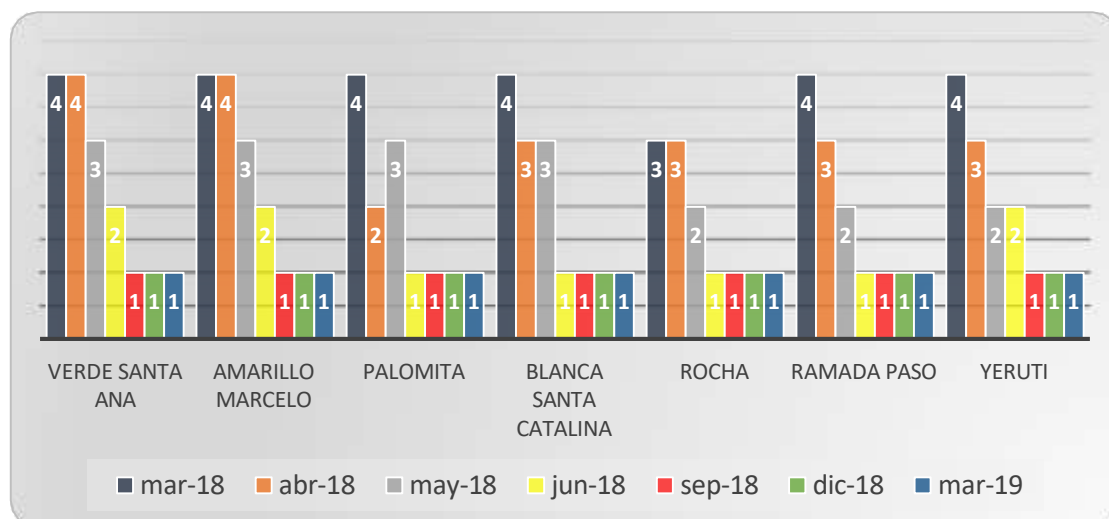


Figura 3: Retención foliar de los 7 clones en todo el ciclo del cultivo (1 a 4 corresponden a escala de retención foliar siendo 1: retención de 0-25%, 2: 26-50%, 3: 51-75%, 4: 76-100% de follaje retenido).

La retención foliar en los clones Verde Sta. Ana, Amarilla Marcelo y Yerutí en junio baja tan solo a escala 2, mientras que en el resto de los cultivares baja hasta 1. Por su parte a partir de septiembre lo que observa es el rebrote correspondiente al segundo ciclo de cultivo (Fig.3).

Una característica importante observada es que para las condiciones agroecológicas de Corrientes, dos de estos clones, Verde Sta. Ana y Amarilla Marcelo, poseen alta retención foliar (valor 4, de aproximadamente 75 %) en el mes de abril, el que coincide con la época de poda de ramas previa a las heladas para su conservación como material de propagación al tiempo que permite rescatar las hojas para sus diferentes destinos.

Aún más, durante el mes de mayo, las plantas de los cvs. Verde Santa Ana, Amarilla Marcelo, a las que se le agregan Palomita y Blanca de Sta. Catalina retienen un alto porcentaje de las hojas (3=51 a 75%) que podrán ser de utilidad en tanto y en cuanto se difunda entre los productores las posibilidades de su aprovechamiento en el marco de una economía circular.

Es importante tener en cuenta que el follaje de mandioca, puede ser utilizado en fresco, seco o ensilado. Si se piensa en altos rendimientos de follaje, se pueden utilizar sistemas de alta densidad de plantación con los clones especializados en la producción de hojas. Este manejo es una opción de importancia en programas de alimentación de aves, bovinos, etc. y en la elaboración de harina de hojas de mandioca. Por otra parte, será necesario conocer el valor nutricional del producto, para adaptarlo al tipo de especie animal y a su fase de producción (Aristizábal y Calle, 2015).

2. Biomasa fresca aérea total y particionada en materia fresca de hojas y tallos, raíces totales y comerciales (en g planta⁻¹) e índice de cosecha. Número de raíces totales y comerciales de mandioca para cada clon.

La productividad de la mandioca se determina por la tasa de producción de biomasa y por su eficiencia para acumular fotosintatos particularmente en las raíces tuberosas (Ramanujan, 1990). La importancia de caracterizar a los diferentes clones radica en que cada uno tiene un comportamiento diferente y un tiempo óptimo de cosecha, esto determina el uso final del producto (raíces u hojas), si bien estas características dependen de las condiciones inherentes al sitio en que se cultiva y del manejo que ésta reciba (Cock, 1989; Ceballos, 2002).

La cosecha de la parte aérea de la planta en cultivos destinados a la producción convencional de raíces no se debe hacer antes de 4-5 meses, porque se puede afectar severamente el desarrollo de las raíces, a mayor edad de la planta la cosecha de la parte aérea tiene efectos menos adversos sobre el rendimiento de la raíces (Buitrago, 1990).



Figura 4: Biomasa particionada en parte aérea (tallo y hoja) a la izquierda y raíces a la derecha.

Las mediciones de la biomasa total y su partición para cada clon (Fig. 4) medidas a través del tiempo se presentan las Figura 5 a 11. Las comparaciones estadísticas de las medias de cada variable entre los diferentes clones para cada fecha de muestreo se presentan en las Tabla 3 a 9.

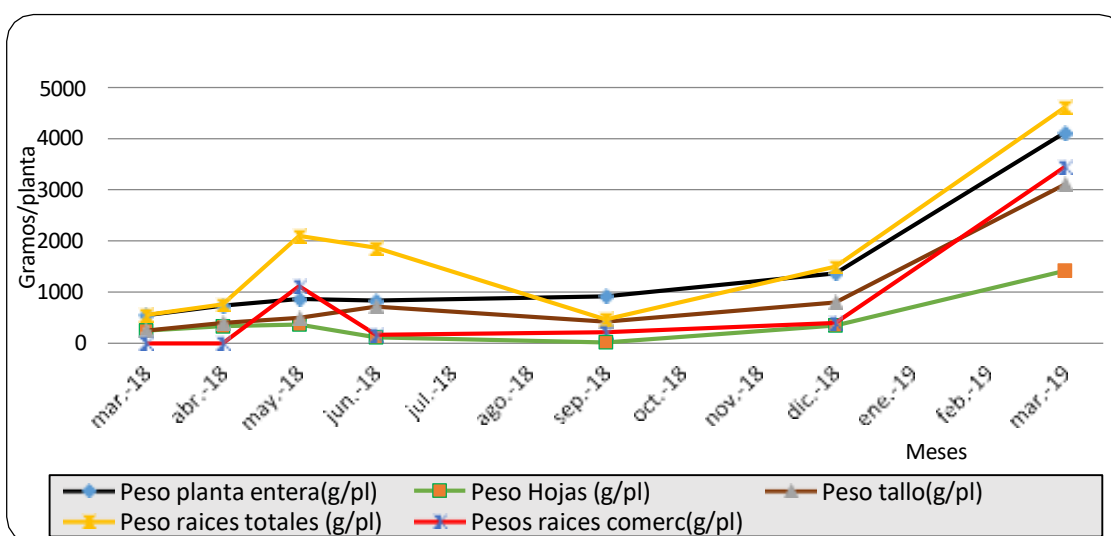


Figura 5: Biomasa fresca total de la planta entera y su partición a hojas, tallos, raíces totales y comerciales (g pl^{-1}) del cv. Verde Santa Ana plantado en septiembre de 2017 y cosechado entre los 6 y 18 meses, en 7 fechas durante el ciclo vegetativo en Corrientes, Argentina.

Se puede observar en la Fig. 5, como la biomasa total del cv. Verde Sta. Ana fue aumentando en el tiempo, pero su partición difiere a través del mismo. Es destacable su alto peso de raíces totales que fue de $2100 \text{ g planta}^{-1}$ en el mes de mayo y particularmente se diferenció estadísticamente por su biomasa de raíces comerciales que fue de $1160 \text{ g planta}^{-1}$ cuando es el tiempo de cosecha para consumo de mesa (Tabla 5). A los 18 meses, en marzo de 2019, este clon se posicionó entre los de más alto peso fresco de raíces totales y comerciales (Tabla 9), en este caso apto para uso industrial y/o alimentación animal. Por el contrario, los registros de

biomasa aérea (hoja y tallo) fueron bajos durante todo el ciclo del cultivo, salvo en el último muestreo ya a los 18 meses DDP, en que superó estadísticamente de manera significativa a otros clones (Tabla 9).

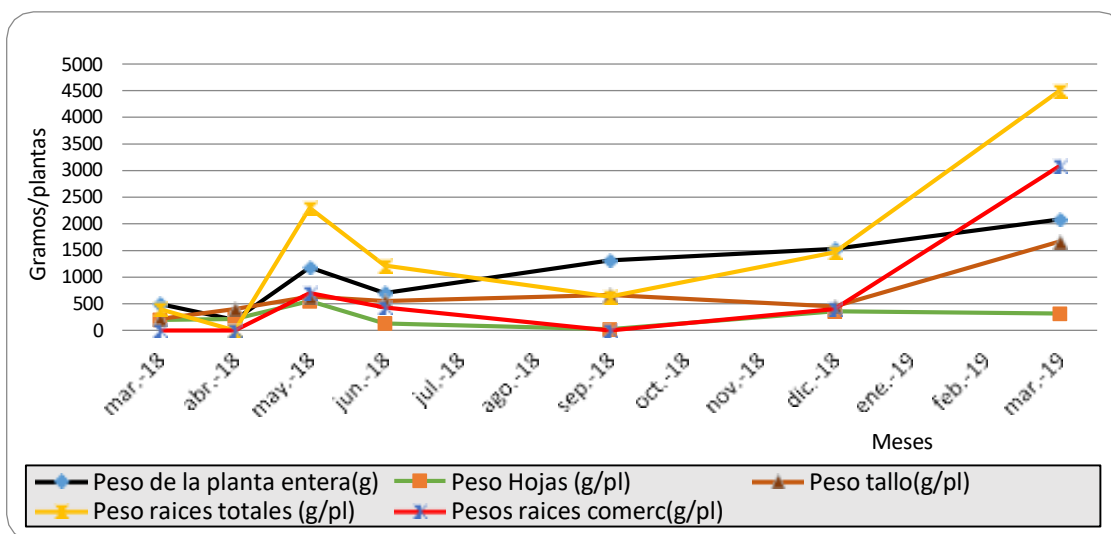


Figura 6: Biomasa fresca total de la planta entera y su partición a hojas, tallos, raíces totales y comerciales (g pl^{-1}) del **cv. Amarilla Marcelo** plantado en Septiembre de 2017 y cosechado entre los 6 y 18 meses, en 7 fechas durante el ciclo vegetativo en Corrientes, Argentina.

El cv. Amarilla Marcelo que se muestra en la Fig.6, particularmente resultó apto para cultivo anual, pues en el mes de mayo, si bien no se establecieron diferencias estadísticas entre clones, este presentó la mayor biomasa de raíces totales entre ellos, $2300 \text{ g planta}^{-1}$ (Tabla 5). Esta respuesta se hace más valorable aún si se tiene en cuenta de que el clon Amarilla es rechazado en la industria debido a la pigmentación de la raíz. Por otra parte, consideramos que por esta misma característica asociada a la presencia de betacaroteno (Ospina y Ceballos, 2002) y sumada a su productividad en relación a raíces totales y no particularmente de las comerciales, lo tornarían como un clon de interés para la alimentación animal.

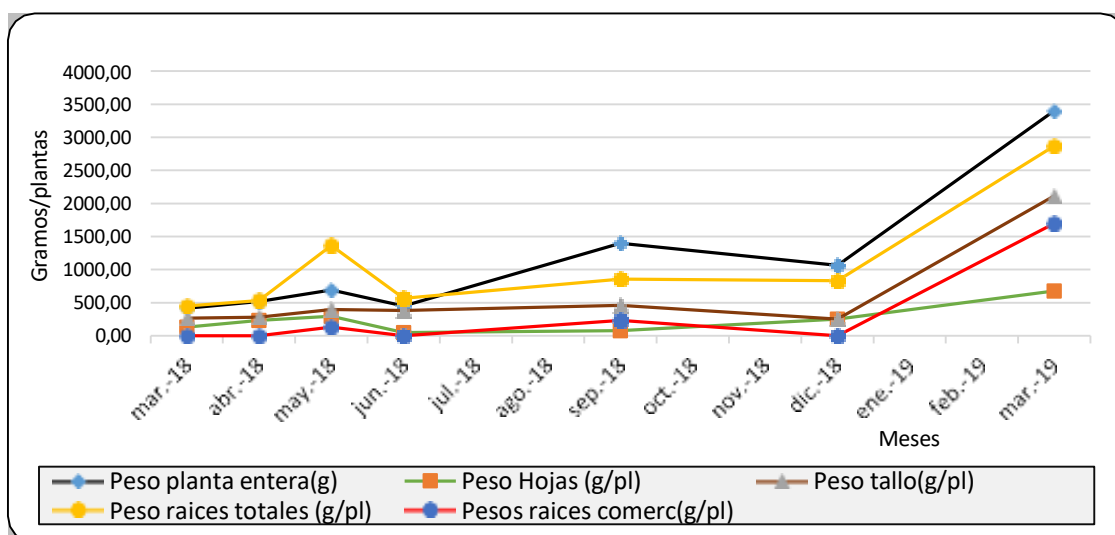


Figura 7: Biomasa fresca total de la planta entera y su partición a hojas, tallos, raíces totales y comerciales (g pl^{-1}) del **cv. Palomita** plantado en Septiembre de 2017 y cosechado entre los 6 y 18 meses, en 7 fechas durante el ciclo vegetativo en Corrientes, Argentina

En cuanto al análisis del comportamiento del cv Palomita en sí mismo a través del tiempo (Fig. 7) y en relación a otros clones (Tabla 1 a 9), se puso de manifiesto que no es un material que se distinga en términos de biomasa producida. Esta característica puede asociarse a su pequeño porte y a que a diferencia de los demás clones no ramifica, por estas mismas razones y para poder compensar su bajo rendimiento individual, se recomendaría realizar su cultivo con mayor densidad de plantas por hectárea (Cuadrado, 2006).

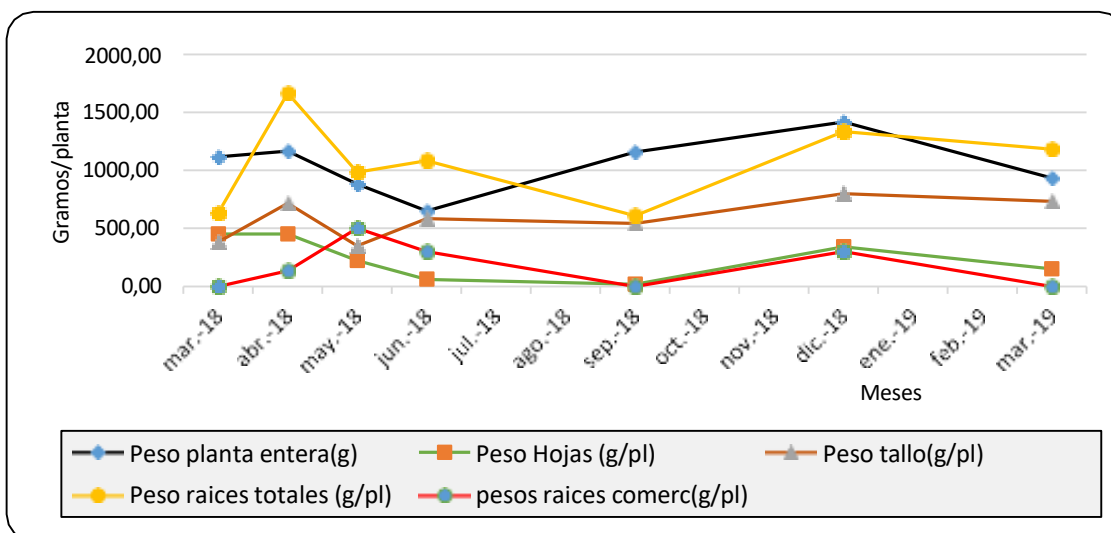


Figura 8: Biomasa fresca total de la planta entera y su partición a hojas, tallos, raíces totales y comerciales (g pl^{-1}) del cv. **Blanca Santa Catalina** plantado en septiembre de 2017 y cosechado entre los 6 y 18 meses, en 7 fechas durante el ciclo vegetativo en Corrientes, Argentina.

En el cv Blanca de Sta. Catalina (Fig. 8), se observó que fue un clon que se destacó por sí mismo solamente en términos de producción de biomasa aérea total en el primer muestreo de marzo de 2018 respecto de los demás cultivares (Tabla 3), pero esta superioridad no se sostuvo en el tiempo (Tabla 3 a 9). Es destacable que junto al cv. Verde Sta. Ana y Amarilla Marcelo fueron los tres únicos capaces de sostener la biomasa fresca total de la planta en el mes de diciembre, mientras en los demás cinco cultivares esta decayó en dicho mes. A diferencia de todos los demás clones, en Blanca de Sta. Catalina, a partir de diciembre la biomasa total decayó de manera constante mientras en todos los demás mostró una tendencia inversa.

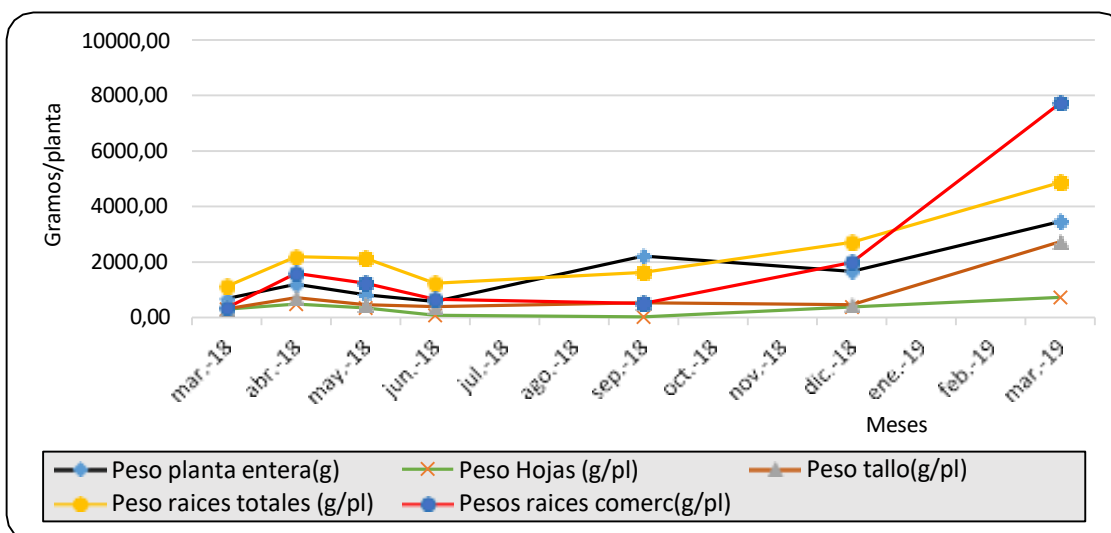


Figura 9: Biomasa fresca total de la planta entera y su partición a hojas, tallos, raíces totales y comerciales (g/pl) del **cv. Rocha** plantado en septiembre de 2017 y cosechado entre los 6 y 18 meses, en 7 fechas durante el ciclo vegetativo en Corrientes, Argentina.

El cv. Rocha (Fig. 9) se destacó por la biomasa particionada a raíces, y en particular de las raíces comerciales, superando estadísticamente a varios clones en diversas oportunidades a través de los sucesivos muestreos (Tabla 3 a 9)

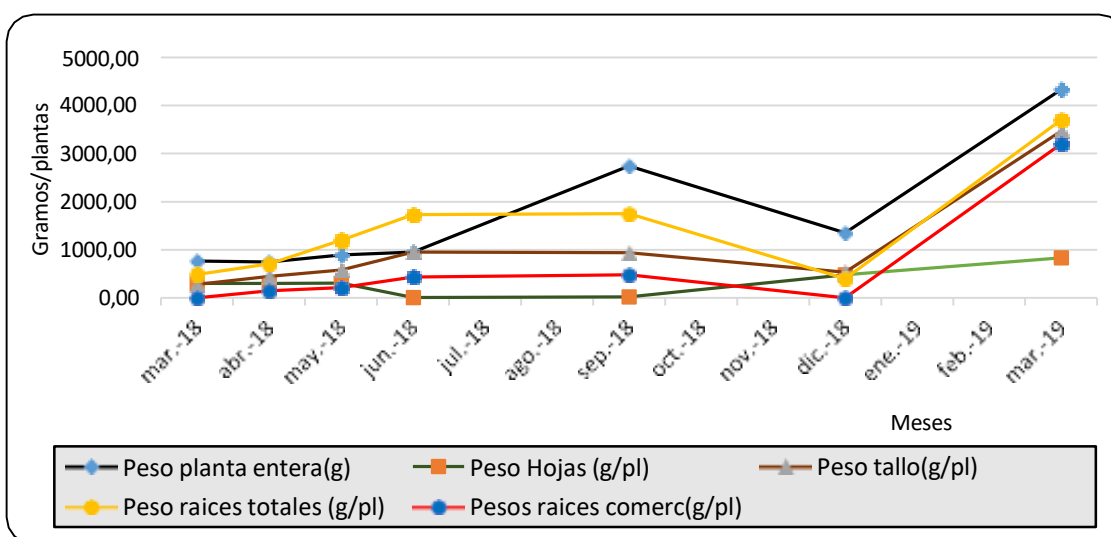


Figura 10: Biomasa fresca total de la planta entera y su partición a hojas, tallos, raíces totales y comerciales (g/pl) del **cv. Ramada Paso** plantado en septiembre de 2017 y cosechado entre los 6 y 18 meses, en 7 fechas durante el ciclo vegetativo en Corrientes, Argentina.

El cv. Ramada Paso, a través del tiempo ha incrementado su biomasa total (Fig. 10). En el mes de junio junto al cv. Rocha y Verde Sta. Ana superaron estadísticamente a los demás clones en términos de biomasa de raíces totales (Tabla 6).

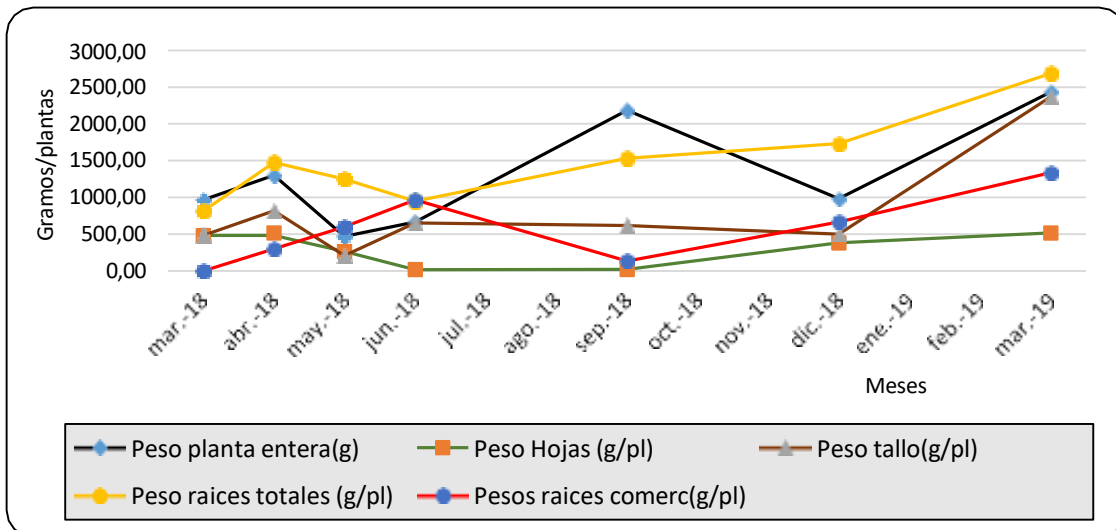


Figura 11: Biomasa fresca total de la planta entera y su partición a hojas, tallos, raíces totales y comerciales (g pl⁻¹) del **cv. Yerutí** plantado en septiembre de 2017 y cosechado entre los 6 y 18 meses, en 7 fechas durante el ciclo vegetativo en Corrientes, Argentina.

El cv. Yerutí (Fig. 11) se destacó respecto de los demás cultivares en términos de la biomasa de hojas en el mes de marzo de 2018 (Tabla 3) y si bien en abril no se diferenció estadísticamente de otros cultivares (Tabla 4) pudo observarse elevados valores absolutos de biomasa de hojas. Se destaca el comportamiento del cultivar particularmente en abril porque sería el momento oportuno para cosechar las ramas estaqueras para su conservación y aprovechar esta oportunidad para extraerles las hojas y conservarlas también ensiladas o henificadas para su aporte nutricional durante el bache invernal.

MARZO 2018

Tabla 3: Valores medios de las diferentes variables para los siete clones en estudio en el mes de marzo 2018.

Clones	BFAT (g pl ⁻¹)	BFh (g pl ⁻¹)	BFt (g pl ⁻¹)	BFTR (g pl ⁻¹)	BFRc (g pl ⁻¹)	N° Rt	N° Rc	MFB (g pl ⁻¹)	MFA (g pl ⁻¹)
Verde S.A	550,00 (AB)	250,00 (ABC)	250,00 (A)	550,67 (AB)	0,00 (A)	4,67 (A)	0,00 (A)	33,00 (A)	21,48 (A)
Amarilla Marcelo	500,00 (AB)	200,00 (AB)	216,67 (A)	399,67 (A)	0,00 (A)	6,33 (AB)	0,00 (A)	26,67 (A)	20,54 (A)
Palomita	416,67 (A)	133,33 (A)	266,67 (AB)	451,67 (A)	0,00 (A)	6,67 (AB)	0,00 (A)	25,33 (A)	19,02 (A)
Blanca Sta. Catalina	1116,67 (B)	450,00 (BC)	383,33 (AB)	634,67 (AB)	0,00 (A)	9,33 (AB)	0,00 (A)	45,33 (A)	24,19 (A)
Rocha	683,33 (AB)	300,00 (ABC)	316,67 (AB)	1123,00 (B)	355 (B)	8,67 (AB)	0,67 (B)	35,67 (A)	21,49 (A)
Ramada Paso	766,67 (AB)	300,00 (ABC)	316,67 (AB)	490,33 (A)	0,00 (A)	6,67 (AB)	0,00 (A)	42,00 (A)	22,85 (A)
Yerutí	966,67 (AB)	483,33 (C)	483,33 (B)	812,0 (AB)	0,00 (A)	12,00 (B)	0,00 (A)	45,33 (A)	24,33 (A)
C.V (%)	9,03	13,60	13,60	12,79	4,44	26,77	4,00	11,21	4,45

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

BFAT: Biomasa fresca aérea total; **BFh:** Biomasa fresca de hojas; **BFt:** Biomasa fresca de tallo; **BFTR:** Biomasa fresca total de raíces; **BFRc:** Biomasa fresca de raíces comerciales **N° Rt:** números de raíces totales; **N° Rc:** número de raíces comerciales; **MFB:** Materia fresca basales; **MFA:** Materia fresca apical; **C.V:** Coeficiente de Variación.

A los 6 meses de plantado, en el mes de marzo (Tabla 3), únicamente el cv Rocha presentó raíces de tamaño comercial, diferenciándose significativamente respecto a los demás materiales. El cv Blanca de Santa Catalina se destacó por la producción de biomasa fresca total, mostrando diferencias estadísticas significativas solo con Palomita, aunque no significativas respecto de los demás clones. Blanca de Sta. Catalina junto al cv. Yerutí se destacaron particularmente por su partición hacia las hojas, lo que les permitiría una mejor intercepción de la radiación y una mejor ocupación del espacio en relación a las malezas y el cierre de entresurco en esta primera instancia del ciclo del cultivo.

ABRIL 2018

Tabla 4: Valores medios de las diferentes variables para los siete clones en estudio en el mes de Abril 2018.

Clones	BFAT (g pl ⁻¹)	BFh (g pl ⁻¹)	BFt (g pl ⁻¹)	BFTR (g pl ⁻¹)	BFRc (g pl ⁻¹)	N° Rt	N° Rc	MFB (g pl ⁻¹)	MFA (g pl ⁻¹)
Verde S.A	733,33 (A)	316,67 (A)	400,00 (A)	758,67 (A)	66,66 (A)	1,33 (A)	0,33 (A)	19,00 (A)	24,00 (A)
Amarilla Marcelo	716,67 (A)	716,67 (A)	300,00 (A)	400,00 (A)	0,00 (A)	3,67 (AB)	0,00 (A)	16,00 (A)	26,33 (A)
Palomita	516,67 (A)	233,33 (A)	283,33 (A)	534,00 (A)	0,00 (A)	3,67 (AB)	0,00 (A)	18,00 (A)	24,33 (A)
Blanca Sta. Catalina	1166,67 (A)	450,00 (A)	716,67 (A)	1666,67 (A)	133,33 (A)	7,00 (AB)	0,66 (A)	14,33 (A)	20,67 (A)
Rocha	1200,00 (A)	483,33 (A)	716,67 (A)	2199,33 (A)	1600 (B)	5,67 (AB)	2,33 (B)	14,33 (A)	19,00 (A)
Ramada Paso	1166,6 (A)	450,00 (A)	716,67 (A)	705,67 (A)	150,00 (A)	5,67 (AB)	0,33 (A)	14,00 (A)	23,33 (A)
Yerutí	1300,00 (A)	483,33 (A)	816,67 (A)	1476,67 (A)	300,00 (AB)	10,67 (B)	0,67 (A)	12,67 (A)	27,67 (A)
C.V (%)	10,54	13,22	11,61	13,98	4,00	33,73	6,00	14,35	13,41

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

BFAT: Biomasa fresca aérea total; **BFh:** Biomasa fresca de hojas; **BFt:** Biomasa fresca de tallo; **BFTR:** Biomasa fresca total de raíces; **BFRc:** Biomasa fresca de raíces comerciales **N° Rt:** números de raíces totales; **N° Rc:** número de raíces comerciales; **MFB:** Materia fresca basales; **MFA:** Materia fresca apical; **C.V:** Coeficiente de Variación.

En esta instancia del mes de abril (Tabla 4), el cv Rocha se diferenció de manera significativa en términos de biomasa de raíces comerciales particularmente, por número y peso.

MAYO 2018

Tabla 5: Valores medios de las diferentes variables para los siete clones en estudio en el mes de Mayo 2018.

Clones	BFAT (g pl ⁻¹)	BFh (g pl ⁻¹)	BFt (g pl ⁻¹)	BFTR (g pl ⁻¹)	BFRc (g pl ⁻¹)	N° Rt	N° Rc	MFB (g pl ⁻¹)	MFA (g pl ⁻¹)
Verde S.A	866,67 (A)	366,67 (A)	500,00 (A)	2100,00 (A)	1116,67 (B)	7,00 (AB)	1,67 (AB)	22,00 (A)	14,67 (A)
Amarilla Marcelo	1183,33 (A)	550,00 (A)	633,33 (A)	2300,00 (A)	700,00 (AB)	9,00 (B)	1,33 (AB)	14,33 (A)	18,67 (A)
Palomita	690,67 (A)	294,33 (A)	396,33 (A)	1366,67 (A)	133,33 (A)	5,00 (AB)	0,33 (A)	12,67 (A)	20,00 (A)
Blanca Sta. Catalina	833,33 (A)	222,33 (A)	348,33 (A)	983,33 (A)	500,00 (AB)	4,33 (AB)	1,33 (AB)	14,67 (A)	14,67 (A)
Rocha	818,33 (A)	354,00 (A)	464,33 (A)	2133,33 (A)	1233,33 (B)	5,33 (AB)	2,33 (AB)	14,67 (A)	21,33 (A)
Ramada Paso	890,00 (A)	310,00 (A)	580,00 (A)	1200,00 (A)	216,66 (A)	6,67 (AB)	0,67 (AB)	14,00 (A)	24,33 (A)
Yerutí	468,67 (A)	263,00 (A)	205,67 (A)	1250,00 (A)	600,00 (AB)	3,33 (A)	1,33 (AB)	13,33 (A)	14,67 (A)
C.V (%)	8,12	10,28	9,78	8,76	5,44	33,76	26,39	8,29	10,25

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

BFAT: Biomasa fresca aérea total; **BFh:** Biomasa fresca de hojas; **BFt:** Biomasa fresca de tallo; **BFTR:** Biomasa fresca total de raíces; **BFRc:** Biomasa fresca de raíces comerciales **N° Rt:** números de raíces totales; **N° Rc:** número de raíces comerciales; **MFB:** Materia fresca basales; **MFA:** Materia fresca apical; **C.V:** Coeficiente de Variación.

El mes de mayo (Tabla 5) es el mes asociado a la cosecha anual de raíces y por lo tanto todos los clones alcanzaron valores promedios similares de raíces totales que alcanzarían al promedio provincial de 12,7 tn ha⁻¹ a excepción del cv Blanca Sta. Catalina que se encontraría por debajo del mismo. Particularmente en lo referido a las raíces comerciales se encontraron diferencias estadísticas destacables, siendo el cv. Rocha y el cv. Verde Sta. Ana los que se diferenciaron estadísticamente de Ramada Paso y de Palomita. No se detectaron diferencias estadísticas entre clones en relación a la biomasa de hojas durante el mes de mayo, época en la que debe realizarse la poda y conservación de ramas y propicia para recuperar el follaje y poder ensilarlo como práctica para cubrir la deficiencia nutricional durante el bache invernal. De aquí puede deducirse que la variable relativa a la Retención Foliar de los clones antes analizada (Fig.3) no se asocia de manera directa con la biomasa foliar de los mismos. Por lo que se pudo calcular, en esta fecha, en promedio se podría obtener unos 337,17 g de hojas fresca por planta independientemente del clon, que al llevar a la densidad normal de plantación de 10.000 pl ha⁻¹, representarán 3.370 kg de hojas fresca ha⁻¹ y en promedio con un valor teórico de 23% de materia seca, llegarían a recuperarse cerca de 775 kg de follaje seco ha⁻¹.

JUNIO 2018

Tabla 6: Valores medios de las diferentes variables para los siete clones en estudio en el mes de Junio 2018

Clones	BFAT (g pl ⁻¹)	BFh (g pl ⁻¹)	BFt (g pl ⁻¹)	BFTR (g pl ⁻¹)	BFRc (g pl ⁻¹)	N° Rt	N° Rc	MFB (g pl ⁻¹)	MFA (g pl ⁻¹)
Verde S.A	833,33 (A)	116,67 (A)	717,67 (A)	1866,67 (B)	166,67 (A)	5,33 (A)	0,33 (AB)	17,67 (AB)	32,33 (B)
Amarilla Marcelo	700,00 (A)	133,33 (A)	550,00 (A)	1216,67 (A)	0,00 (A)	5,33 (A)	0,00 (A)	22,00 (AB)	25,67 (AB)
Palomita	451,67 (A)	50,00 (A)	385,00 (A)	566,67 (A)	0,00 (A)	2,33 (A)	0,00 (A)	9,33 (B)	11,00 (AB)
Blanca Sta. Catalina	650,00 (A)	60,00 (A)	583,33 (A)	1083,33 (A)	300,00 (A)	5,67 (A)	5,66 (A)	17,67 (B)	18,33 (AB)
Rocha	583,33 (A)	85,00 (A)	398,33 (A)	1235,00 (B)	666,67 (B)	4,67 (A)	1,33 (B)	25,00 (AB)	29,00 (AB)
Ramada Paso	950,00 (A)	11,00 (A)	950,00 (A)	1733,33 (B)	433,33 (A)	6,67 (A)	1,00 (B)	4,33 (A)	6,33 (A)
Yerutí	666,67 (A)	16,67 (A)	650,00 (A)	950,00 (A)	966,67 (B)	5,00 (A)	0,67 (AB)	7,00 (AB)	7,33 (A)
C.V (%)	10,48	15,14	10,58	10,55	5,96	27,38	27,00	7,42	6,08

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

BFAT: Biomasa fresca aérea total; **BFh:** Biomasa fresca de hojas; **BFt:** Biomasa fresca de tallo; **BFTR:** Biomasa fresca total de raíces; **BFRc:** Biomasa fresca de raíces comerciales **N° Rt:** números de raíces totales; **N° Rc:** número de raíces comerciales; **MFB:** Materia fresca basales; **MFA:** Materia fresca apical; **C.V:** Coeficiente de Variación.

En el mes de junio (Tabla 6), se observa una importante retracción de la biomasa de hojas asociada a la senescencia impuesta durante el invierno y a los bajos índices de retención foliar (Fig. 3), salvo en los cv Verde Sta. Ana y Amarilla Marcelo pero que no se diferencian estadísticamente de los demás clones (Tabla 6). La biomasa fresca total de raíces de los cvs. Verde Sta. Ana, Rocha y Ramada Paso se diferenciaron significativamente superando a los demás clones, pero solo los cvs. Rocha y Yerutí lo hicieron por la biomasa de raíces particularmente comerciales. Resultó llamativo que los cvs. Amarilla Marcelo y Palomita no presentaran raíces de tamaño comercial en esta instancia, reduciendo los valores promedio anteriores de 1,33 y 0,33 raíces comerciales por planta en el mes de mayo, respectivamente para estos clones.

SEPTIEMBRE 2018

Tabla 7: Valores medios de las diferentes variables para los siete clones en estudio en el mes de Septiembre 2018.

Clones	BFAT (g pl ⁻¹)	BFh (g pl ⁻¹)	BFt (g pl ⁻¹)	BFTR (g pl ⁻¹)	BFRc (g pl ⁻¹)	N° Rt	N° Rc	MFA (g pl ⁻¹)
Verde S.A	916,00 (A)	17,67 (A)	425,00 (A)	550,00 (AB)	216,67 (A)	3,00 (A)	0,00 (A)	19,00 (A)
Amarilla Marcelo	1316,67 (A)	22,00 (A)	666,67 (A)	633,33 (AB)	0,00 (A)	6,33 (A)	0,00 (A)	18,33 (A)
Palomita	1400,00 (A)	76,67 (A)	458,33 (A)	858,33 (AB)	0,00 (A)	4,33 (AB)	0,00 (A)	17,00 (A)
Blanca Sta. Catalina	1158,33 (A)	18,67 (A)	541,67 (A)	608,33 (A)	0,00 (A)	5,00 (A)	0,00 (A)	19,33 (A)
Rocha	2216,67 (A)	26,67 (A)	533,33 (A)	1633,33 (B)	508,33 (B)	5,67 (AB)	0,66 (B)	23,67 (A)
Ramada Paso	2741,67 (A)	25,00 (A)	941,67 (A)	1750,00 (B)	483,33 (AB)	7,67 (A)	0,69 (B)	23,33 (A)
Yerutí	2183,33 (A)	19,67 (A)	616,67 (A)	1533,00 (AB)	133,33 (A)	9,33 (A)	0,33 (A)	19,67 (A)
C.V (%)	9,98	24,32	8,14	15,30	7,00	44,50	-	10,99

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

BFAT: Biomasa fresca aérea total; **BFh:** Biomasa fresca de hojas; **BFt:** Biomasa fresca de tallo; **BFTR:** Biomasa fresca total de raíces; **BFRc:** Biomasa fresca de raíces comerciales **N° Rt:** números de raíces totales; **N° Rc:** número de raíces comerciales; **MFB:** Materia fresca basales; **MFA:** Materia fresca apical; **C.V:** Coeficiente de Variación.

El análisis del comportamiento de las variables en el mes de septiembre (Tabla 7) resulta importante porque corresponden al rebrote posterior al reposo invernal del cultivo. La biomasa fresca aérea de las plantas se ve prácticamente duplicada o triplicada según los clones respecto a la medición de junio, y esta habrá ocurrido a expensas del uso de las reservas que habían sido almacenadas en las raíces principalmente bajo la forma de almidón. Los cvs Rocha y Ramada Paso se destacaron por presentar biomasa de raíces superiores significativamente respecto de los demás materiales, inclusive en las de tamaño comercial.

DICIEMBRE 2018

Tabla 8: Valores medios de las diferentes variables para los siete clones en estudio en el mes de Diciembre 2018.

Clones	BFAT (g pl ⁻¹)	BFh (g pl ⁻¹)	BFt (g pl ⁻¹)	BFTR (g pl ⁻¹)	BFRc (g pl ⁻¹)	N° Rt	N° Rc	MFA (g pl ⁻¹)
Verde S.A	1366,67 (A)	350,00 (A)	800,00 (B)	1500,00 (A)	400,00 (B)	6,33 (A)	1,00 (B)	43,33 (A)
Amarilla Marcelo	1533,33 (A)	358,33 (A)	450,00 (AB)	1466,67 (A)	400,00 (B)	3,67 (A)	2,67 (C)	46,67 (A)
Palomita	1066,67 (A)	250,00 (A)	250,00 (A)	833,33 (A)	0,00 (A)	3,00 (A)	0,00 (A)	41,67 (A)
Blanca Sta. Catalina	1416,67 (A)	340,00 (A)	800,00 (B)	1333,33 (A)	300,00 (B)	3,00 (A)	0,67 (B)	39,00 (A)
Rocha	1666,67 (A)	383,33 (A)	466,67 (AB)	2716,16 (A)	1983,33 (C)	5,33 (A)	2,67 (C)	46,00 (A)
Ramada Paso	1350,00 (A)	483,33 (A)	533,33 (AB)	400,00 (A)	0,00 (A)	2,00 (A)	0,00 (A)	45,33 (A)
Yerutí	983,33 (A)	383,33 (A)	500,00 (AB)	1733,33 (A)	667,00 (B)	5,00 (A)	2,67 (C)	55,33 (A)
C.V (%)	10,66	14,95	11,04	15,47	6,91	55,41	45,39	4,77

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

BFAT: Biomasa fresca aérea total; **BFh:** Biomasa fresca de hojas; **BFt:** Biomasa fresca de tallo; **BFTR:** Biomasa fresca total de raíces; **BFRc:** Biomasa fresca de raíces comerciales **N° Rt:** números de raíces totales; **N° Rc:** número de raíces comerciales; **MFB:** Materia fresca basales; **MFA:** Materia fresca apical; **C.V:** Coeficiente de Variación.

En diciembre, prácticamente no se hallaron diferencias significativas entre clones, si bien los cvs. Verde Sta. Ana y Blanca de Sta. Catalina se destacaron por la partición de biomasa a tallos, mientras el cv Palomita manifestó los menores valores respecto a los demás clones en términos de partición a tallo, lo que estaría asociado a ser el único material monopodial (no ramifica). El cv Rocha es un material cuya producción de raíces siempre se destacó entre los demás y aún en el mes de diciembre, en que la oferta de raíces es reducida y la demanda es alta, mostró una producción significativamente superior de raíces comerciales. Se presenta así, como apto para satisfacer el mercado en una época en el que se alcanzan mejores valores de comercialización.

MARZO 2019

Tabla 9: Valores medios de las diferentes variables para los siete clones en estudio en el mes de Marzo 2019.

Clones	BFAT (g pl ⁻¹)	BFh (g pl ⁻¹)	BFt (g pl ⁻¹)	BFTR (g pl ⁻¹)	BFRc (g pl ⁻¹)	N° Rt	N° Rc	MFA (g pl ⁻¹)
Verde S.A	4116,67 (B)	1416,67 (B)	3108,33 (B)	4616,67 (A)	3450,00 (B)	9,00 (BC)	5,33 (B)	37,00 (A)
Amarilla Marcelo	2083,33 (AB)	316,67 (A)	1666,67 (A)	4500,00 (A)	3083,00 (B)	9,00 (BC)	5,00 (B)	35,67 (A)
Palomita	3400,00 (AB)	833,33 (A)	2116,67 (A)	2866,67 (A)	1700,00 (B)	6,33 (AB)	2,67 (B)	30,00 (A)
Blanca Sta. Catalina	933,33 (A)	150,00 (A)	733,33 (A)	1183,33 (A)	0,00 (A)	3,33 (A)	0,00 (A)	29,67 (A)
Rocha	3466,67 (AB)	733,33 (A)	2733,33 (A)	4870,13 (A)	4403,47 (B)	11,67 (C)	11,00 (B)	36,33 (A)
Ramada Paso	4333,33 (B)	833,33 (AB)	3466,67 (B)	3700,00 (A)	3200,00 (B)	5,33 (AB)	5,00 (B)	39,33 (A)
Yerutí	2433,33 (AB)	516,67 (A)	1700,00 (A)	2683,67 (A)	1333,00 (B)	7,67 (BC)	2,67 (B)	33,67 (A)
C.V (%)	5,53	9,76	7,53	20,08	22,86	16,79	38,74	3,24

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

BFAT: Biomasa fresca aérea total; **BFh:** Biomasa fresca de hojas; **BFt:** Biomasa fresca de tallo; **BFTR:** Biomasa fresca total de raíces; **BFRc:** Biomasa fresca de raíces comerciales **N° Rt:** números de raíces totales; **N° Rc:** número de raíces comerciales; **MFB:** Materia fresca basales; **MFA:** Materia fresca apical; **C.V:** Coeficiente de Variación.

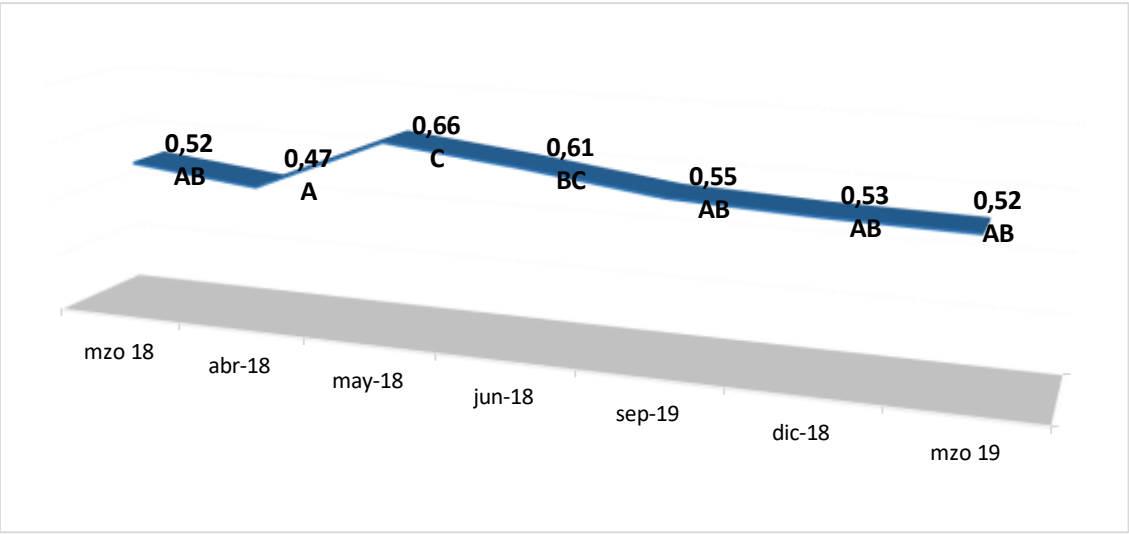
Al final de los muestreos, en el mes de marzo de 2019 (Tabla 9) en términos generales el cv Verde Sta. Ana denotó superioridad en las variables de biomasa aérea y en la partición de biomasa hacia los tallos y hojas respecto de los demás clones. En términos de biomasa de raíces totales no se encontraron diferencias estadísticas entre los clones, pero el cv Blanca de Catalina fue el que particularmente no presentó raíces de calibre comercial. Sin embargo, el hecho de no presentar raíces de tamaño comercial no perjudicaría su comercialización que a los 18 meses del ciclo del cultivo se destina en su totalidad a industrias que no exigen este calibre.

Índice de cosecha (IC)

La distribución de la biomasa fresca representada a través del Índice de cosecha es un claro indicador de la partición de biomasa del cultivo en el tiempo. De acuerdo a Hershey (1991) los máximos rendimientos se obtienen con plantas que alcanzan un valor de IC entre 0,5 y 0,65, siendo un carácter altamente heredable.

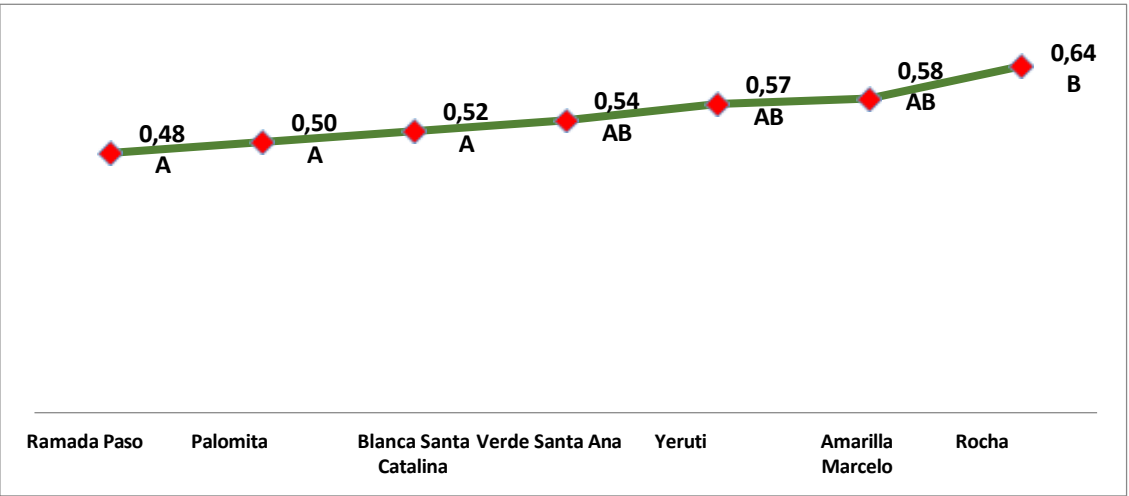
La disminución de la temperatura ambiente y de las precipitaciones durante la fase de receso invernal, hace que la parte aérea del cultivo se restrinja y es por ello que se ve representado a través de un significativamente mayor IC en los muestreos de mayo, que después decae para rebrotar a expensas del uso de la reservas acumuladas en las raíces. El IC del mes de marzo con

un cultivo de 6 meses y de 18 meses, se igualan a expensas de un sistema radicular ya consolidado durante el ciclo anterior (Fig. 12)



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

Figura 12: Evolución temporal del Índice de Cosecha de 7 clones en 7 fechas de muestreo antes y después del receso invernal en Corrientes, Argentina.



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

Figura 13: Caracterización del Índice de Cosecha de los clones de mandioca bajo estudio en Corrientes, Argentina (CV: 29.6%).

En la Figura 13 puede observarse como los cvs. Ramada Paso, Palomita y Blanca de Santa Catalina presentaron IC significativamente menores al cv. Rocha que es el que más ha particionado a raíces. El único clon que presentó un IC inferior al esperado para alcanzar los máximos rendimientos expuesto por Hershey (1991) ha sido el cv Ramada Paso.

3. Parámetros cualitativos

La estrategia observada en el Índice de cosecha (Fig.12) del cultivo se ve claramente en la evolución de los contenidos (%) de materia seca y de almidón en las raíces, que alcanzan el máximo en el invierno a partir de lo cual decaen hasta un valor mínimo en diciembre, mes en el cual el nuevo canopeo comienza a ser suficiente para volver a fotosintetizar de manera eficiente y comenzar a almacenar excedentes a partir del mes de enero, con mayores o menores tasas de asimilación según los diversos clones (Figuras 14 y 15)

3.1-Determinación de la Calidad culinaria y calidad industrial: materia seca (%) y almidón (%).

La calidad culinaria se refiere a las características de aceptabilidad por parte del consumidor sobre las raíces de mandioca. Las raíces utilizadas para consumo en fresco deben ser clones dulces, que contengan menos de 50 mg kg⁻¹ de HCN en el producto fresco y que estén libres de cualquier clase de deterioro.

Uno de los factores de interés dentro del concepto de calidad culinaria de raíces de mandioca de mesa, frecuentemente abordado en los estudios de este producto, es el tiempo de cocción: cuanto menor, mejor la calidad (Talma et al., 2013). Para algunos autores el tiempo de cocción no debe superar los 30 minutos (Wheatley y Fernández, 1991) y para otros más exigentes el tiempo óptimo se considera entre 15 a 20 minutos (Aristizábal y Calle, 2015), y de baja calidad cuando este sobrepasa los 30 minutos según lo citado en Talma et al., 2013. La consistencia adquirida en ese lapso de debe ser “firme”, ni muy dura, ni muy blanda (Aristizábal y Calle, 2015).

Es importante mencionar que esta variable presenta oscilaciones entre raíces de un mismo clon en función al tipo de suelo y la edad de la planta (Talma et al., 2013), lo que motivó el presente análisis descriptivo de los resultados que se muestran en las tabla 10 a 16.

Tabla 10: Caracterización de la calidad culinaria e industrial de los clones de mandioca bajo estudio en el mes de marzo, 180 días después de plantado (ddp)

TABLA 10		Calidad culinaria		Calidad industrial	
Mes	Clones	Cocción		% MS	%ALMIDÓN
		30 MIN.	40 MIN.		
Marzo (180 días)	Verde Santa Ana	+	+	25.31	23.37
	Amarilla Marcelo	+	+	32.65	30.55
	Palomita	+	+	32.19	30.09
	Blanca Sta. Catalina	+	+	32.50	30.40
	Rocha	+	+	32.03	29.94
	Ramada Paso	+	+	32.42	30.32
	Yeruti	+	+	32.65	30.55

Tabla 11: Caracterización de la calidad culinaria e industrial de los clones de mandioca bajo estudio en el mes de abril, 210 días después de plantado (ddp)

TABLA 11		Calidad culinaria		Calidad industrial	
Mes	Clones	Cocción 30 MIN. 40 MIN.		%MS	%ALMIDÓN
Abril (210 días)	Verde Santa Ana	-	+	32.03	29.94
	Amarilla Marcelo	+	+	37.02	34.84
	Palomita	+	+	33.75	31.62
	Blanca Sta. Catalina	+	+	33.59	31.46
	Rocha	-	+	21.17	19.33
	Ramada Paso	-	+	31.95	29.86
	Yeruti	-	+	28.28	26.28

Tabla 12: Caracterización de la calidad culinaria e industrial de los clones de mandioca bajo estudio en el mes de mayo, 240 días después de plantado (ddp)

TABLA 12		Calidad culinaria		Calidad industrial	
Mes	Clones	Cocción 30 MIN. 40 MIN.		%MS	%ALMIDÓN
Mayo (240 días)	Verde Santa Ana	-	+	32.03	29.94
	Amarilla Marcelo	+	+	37.02	34.82
	Palomita	+	+	33.75	31.62
	Blanca Sta. Catalina	+	+	33.59	31.46
	Rocha	-	+	21.17	19.33
	Ramada Paso	-	+	31.87	29.79
	Yerutí	-	+	28.28	26.28

Tabla 13: Caracterización de la calidad culinaria e industrial de los clones de mandioca bajo estudio en el mes de junio, 270 días después de plantado (ddp).

TABLA 13		Calidad culinaria		Calidad industrial	
Mes	Clones	Cocción 30 MIN. 40 MIN.		%MS	%ALMIDÓN
Junio (270 días)	Verde Santa Ana	-	+	35.46	33.30
	Amarilla Marcelo	-	+	35.00	32.84
	Palomita	+	+	38.27	36.04
	Blanca Sta. Catalina	+	+	36.79	34.59
	Rocha	+	+	32.03	29.94
	Ramada Paso	-	+	33.12	31.01
	Yeruti	-	+	33.90	31.77

Tabla 14: Caracterización de la calidad culinaria e industrial de los clones de mandioca bajo estudio en el mes de septiembre, 360 días después de plantado (ddp).

TABLA 14		Calidad culinaria		Calidad industrial	
Mes	Clones	Cocción 30 MIN 40 MIN		%MS	%ALMIDÓN
Septiembre (360 días)	Verde Santa Ana	-	+	29.22	27.19
	Amarilla Marcelo	-	+	31.25	29.17
	Palomita	-	+	31.33	29.25
	Blanca Sta. Catalina	-	+	31.25	29.17
	Rocha	-	+	30.08	28.03
	Ramada Paso	-	+	31.33	29.25
	Yeruti	-	+	31.48	29.40

Tabla 15: Caracterización de la calidad culinaria e industrial de los clones de mandioca bajo estudio en el mes de diciembre, 450 días después de plantado (ddp)

TABLA 15		Calidad culinaria		Calidad industrial	
Mes	Clones	Cocción 30 MIN. 40 MIN.		%MS	%ALMIDÓN
Diciembre (450 días)	Verde Santa Ana	-	+	27.81	25.82
	Amarilla Marcelo	-	+	23.75	21.85
	Palomita	-	+	41.79	29.48
	Blanca Sta. Catalina	-	+	28.74	26.74
	Rocha	-	+	23.12	21.24
	Ramada Paso	-	+	29.06	27.04
	Yeruti	-	+	22.50	20.63

Tabla 16: Caracterización de la calidad culinaria e industrial de los clones de mandioca bajo estudio en el mes de marzo, 540 días después de plantado (ddp)

TABLA 16		Calidad culinaria		Calidad industrial	
Mes	Clones	Cocción 30 MIN. 40 MIN.		%MS	%ALMIDÓN
Marzo 2019 (540 días)	Verde Santa Ana	-	-	24.61	22.69
	Amarilla Marcelo	-	-	32.03	29.94
	Palomita	-	-	27.81	25.82
	Blanca Sta. Catalina	-	-	29.84	27.80
	Rocha	-	-	27.18	25.21
	Ramada Paso	-	-	23.43	21.54
	Yeruti	-	-	22.81	20.93

El método de determinación de calidad culinaria validado por Talma et al., 2013 ha resultado útil a los fines de poder identificar el clon de mandioca más apto para su comercialización en determinada época del año y destinarlo al consumo de mesa y/o industria.

Durante el primer ciclo de crecimiento, las raíces de todos los clones se cocinan rápidamente dentro de los 30 minutos y algunos de ellos conservan esta característica asociada a la calidad culinaria a través del tiempo (Amarilla Marcelo, Blanca de Santa Catalina y Palomita), por su parte otro clon alcanza esta condición recién en junio (Rocha). Los demás clones (Verde Santa

Ana, Ramada Paso y Yerutí), presentaron siempre una calidad culinaria inferior asociada a una cocción más tardía.

Como puede observarse en las Tablas 14 a 16, la calidad culinaria se ve afectada durante el segundo ciclo de crecimiento del cultivo y reducida a un mínimo a los 540 ddp (marzo) cuando las raíces únicamente podrán ser destinadas a la industrialización.

La calidad industrial determinada por los máximos contenidos de almidón muestran que estos se alcanzan entre mayo y junio (Fig. 14), coincidentemente asociándose con los clones de mayor calidad culinaria (Tabla 12 y 13).

Los clones con mayor aptitud para consumo de mesa y para abastecer industrias asociado a sus mayores contenidos de almidón son Amarilla Marcelo, Blanca de Santa Catalina y Palomita. Si bien la industria rechaza los clones de pigmentación amarilla para elaborar la fécula, esta condición lo posiciona como un producto diferenciado al que podría potenciárselo en función a que se asocia a la presencia de betacarotenos, precursores de la vitamina A y a que además es un muy buen pigmentante natural de la yema de huevos en la dieta de gallinas ponedoras; lo que debería aumentar y no depreciar su valor (Opina y Ceballos, 2004).

El comportamiento promedio en términos de productividad de raíces y de almidón de los clones en el tiempo se resume en la Tabla 17.

Tabla 17: Productividad de raíces y de Almidón en kg ha^{-1} para los diferentes clones de mandioca

Clones	Rto. De Raíces Totales (kg ha^{-1})	Rto. De Almidón (kg ha^{-1})
Verde Santa Ana	16941,90	4752,20
Amarilla Marcelo	16221,43	4861,56
Blanca Santa Catalina	10681,90	3396,84
Palomita	10704,29	3214,49
Rocha	22729,71	5964,27
Ramada Paso	14256,19	4038,77
Yerutí	14912,38	4041,25

En estas circunstancias, el cv Rocha alcanzó un rendimiento de almidón ampliamente superior a los demás clones; con un promedio de $5964,27 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabla 17). Los mayores contenidos de almidón se alcanzaron en el mes de junio (Fig.14) comprendidos entre 29 y 36% (Tabla 13). Por su parte los menores contenidos de almidón (%) correspondieron al mes de diciembre (Fig. 14) con valores de 21 a 29% (Tabla 15).

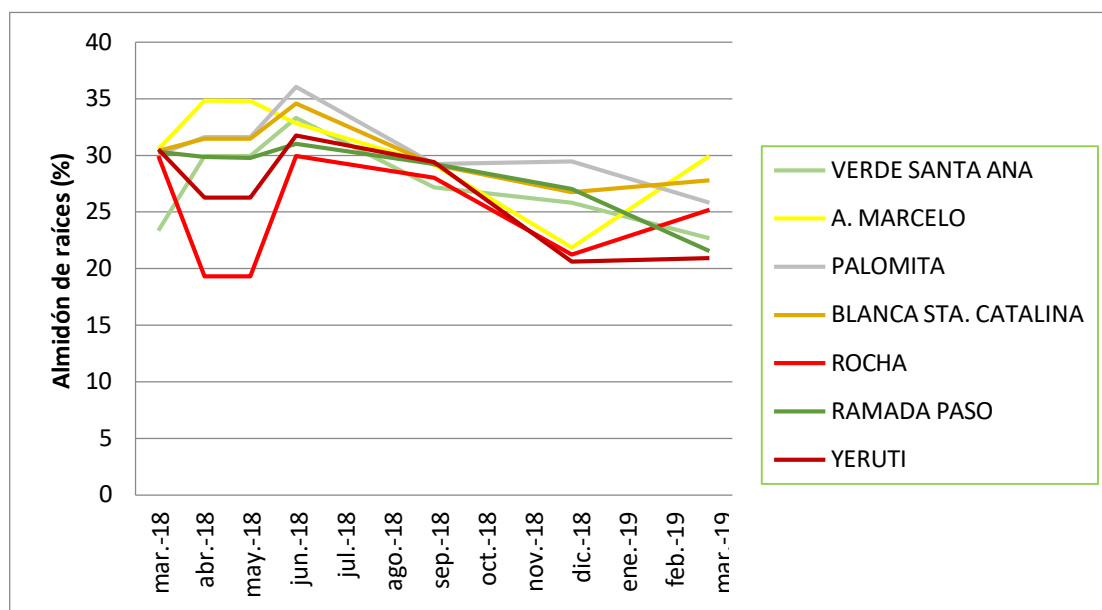


Figura 14: Evolución temporal del contenido de almidón de raíces (%) de los clones de mandioca en el tiempo en Corrientes.

El contenido de materia seca en sí mismo es el factor principal para establecer el precio de la mandioca en la industria; a mayor contenido de materia seca (%), mayor precio (Aristizábal y Calle, 2015), dado que ambos valores están fuertemente relacionados, según lo publicado por Ospina y Ceballos (2002) y que puede observarse a través de los análisis de datos propios recabados en este experimento (Fig. 14 y 15).

El contenido de materia seca en sí mismo es el factor principal para establecer el precio de la mandioca en la industria; a mayor contenido de materia seca (%), mayor precio (aristizábal y calle, 2015), y este es coincidente con la curva del con el contenido de almidón.

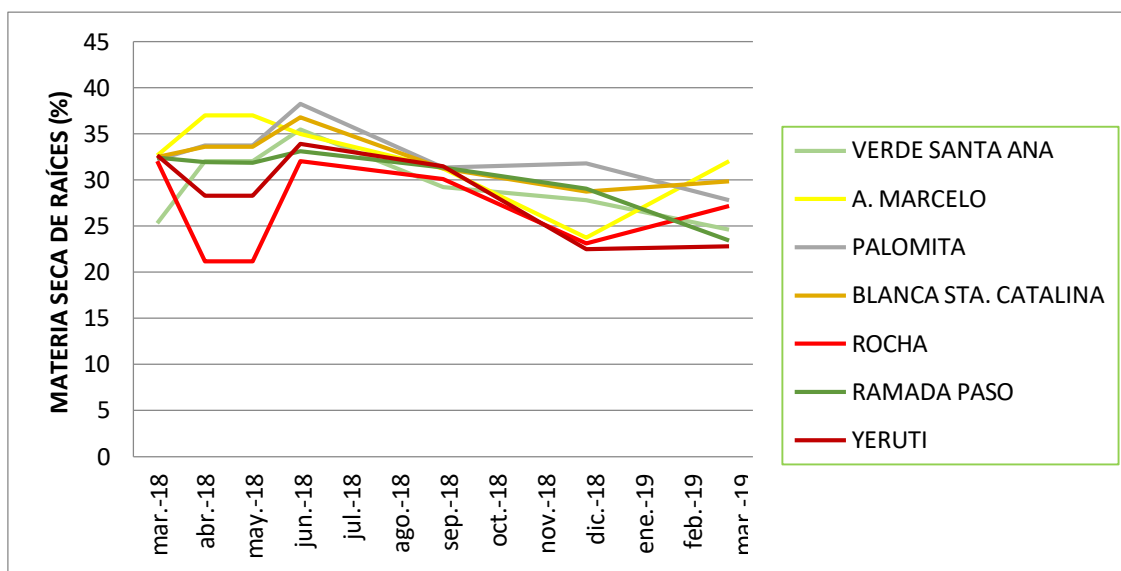


Figura 15: Evolución temporal del contenido de materia seca de raíces (%) de los clones de mandioca en el tiempo en Corrientes.

Finalmente esto se resume en un cuadro que nos indica los momentos más adecuados para realizar la cosecha para el consumo de mesa asociado a su calidad culinaria (CC), aquellas que

presentan calidad industrial (CI) asociadas a un contenido de almidón igual o superior a 23% y aquellas que tienen doble propósito (CC-CI).

Tabla 18: Caracterización de la calidad culinaria y calidad industrial de los diferentes clones de mandioca bajo estudio.

	CALIDAD CULINARIA (CC: TIEMPO DE COCCIÓN ≤30') Y CALIDAD INDUSTRIAL (CI: %ALMIDÓN >23%) EN MESES POSPLANTACIÓN (MPP) Y MES DEL AÑO.						
	6MPP MZO	7MPP ABR	8MPP MYO	9MPP JUN	12MPP SEPT	15MPP DIC	18MPP MZO
Verde Santa Ana	CC CI	- CI	- CI	- CI	- CI	- CI	- -
Amarilla Marcelo	CC CI	CC CI	CC-CI	- CI	- CI	- -	- CI
Palomita	CC CI	CC CI	CC-CI	CC-CI	- CI	- CI	- CI
Blanca Sta. Catalina	CC CI	CC CI	CC-CI	CC-CI	- CI	- CI	- CI
Rocha	CC CI	- -	- -	CC-CI	- CI	- -	- CI
Ramada Paso	CC CI	- CI	-CI	- CI	- CI	- CI	- -
Yeruti	CC CI	- CI	-CI	- CI	- CI	- CI	- -

3.2-Determinación de la Calidad Nutricional de hojas de mandioca, en Proteína Bruta (%).

Analizando los valores de Proteína (PB) % en el follaje de las hojas de mandioca (Fig. 16 y 17), pudo observarse que el valor mínimo fue de 19,19 % para el cv. Ramada Paso. La media de todos los clones tenidos en consideración fue de 22,75%, pero el cv. Palomita alcanzó los valores más altos de 26,13 % de PB (Fig. 16). En este sentido, los valores hallados coinciden con los índices promedios citados por Aristizábal y Calle (2015) que asignan 13,1 % de PB en tallos tiernos con hojas y pecíolos y hasta 24% de PB en hojas.

Los clones que se diferenciaron significativamente de los demás por su elevado contenido de PB (%) en hojas fueron Rocha, Verde Sta. Ana y Palomita, mientras Ramada Paso, Blanca de Sta. Catalina y Yerutí se diferenciaron significativamente por ser los clones de menor contenido de PB (%), asumiendo Amarilla Marcelo una posición intermedia (Fig. 16).

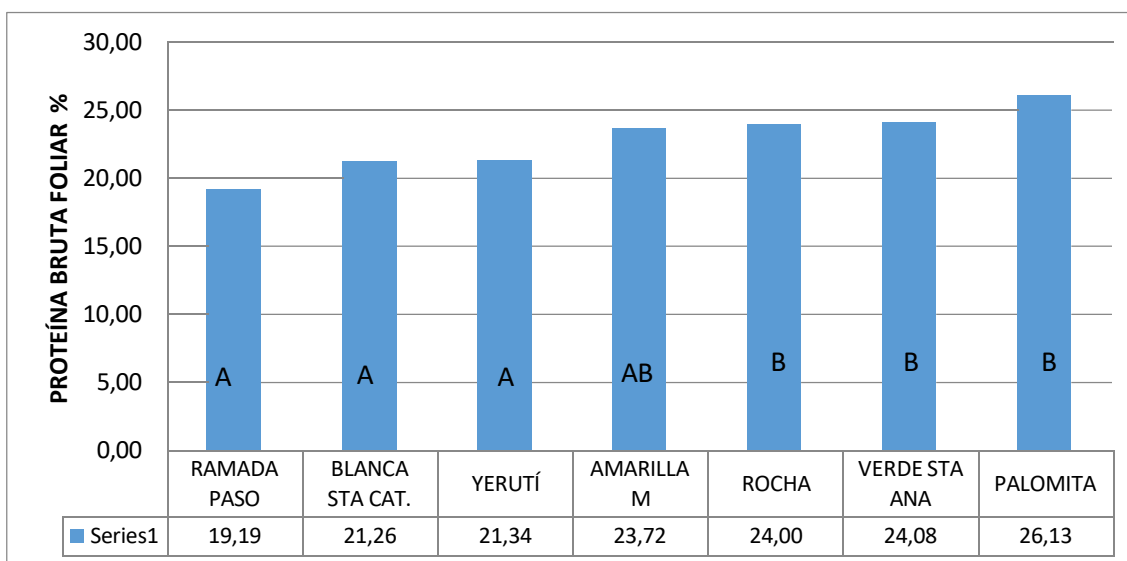


Figura 16: Valores promedio del contenido de Proteína Bruta expresado en porcentaje (%) en el follaje (lámina con pecíolos) de siete clones de mandioca bajo estudio.

Cuando se analiza el comportamiento temporal del porcentaje de PB en el follaje de los siete clones, se observó que el contenido porcentual es máximo después del rebrote, en el mes de septiembre, cuando el follaje es tierno. En el primer período de crecimiento evaluado, entre marzo y junio de 2018, el contenido medio de PB en hojas fue de 20,69%, pero alcanzó un promedio de 25,71% en el segundo período de crecimiento después del rebrote entre los meses de septiembre de 2018 y marzo 2019, que fueron los únicos dos meses con diferencias significativas respecto de los demás meses de todo el ciclo estudiado (Fig. 17). En este sentido, por lo postulado por Gómez et al. (2016), los forrajes tropicales en estado joven se caracterizan por tener mejor calidad en términos de proteína bruta. Esto se corresponde con el pico de marzo en el muestreo del primer ciclo del cultivo y el del rebrote del mes de septiembre en el segundo ciclo vegetativo del cultivo (Fig. 17).

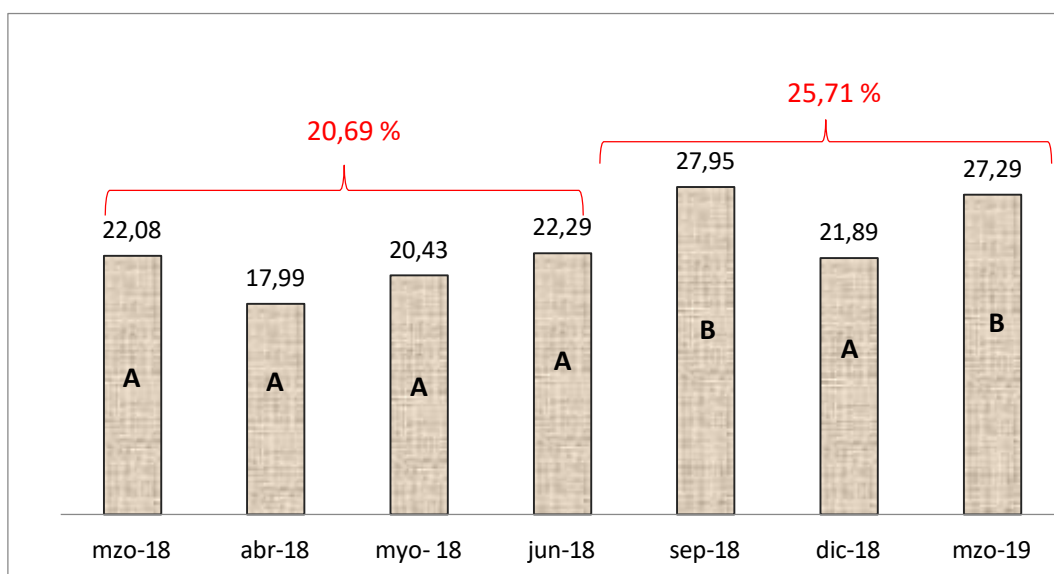


Figura 17: Valores promedio del contenido de Proteína Bruta expresado en porcentaje (%) en el follaje (lámina con pecíolos) según momento cronológico y fenológico de los clones de mandioca bajo estudio.

Finalmente, un análisis productivo permitió caracterizar a los clones por su rendimiento de proteína bruta foliar por hectárea, a los fines de destinarlo para la alimentación animal en fresco especialmente para rumiantes y herbívoros no rumiantes (por corte, oreado por 8 hs y acarreo) o bien como heno o ensilado (Aristizabal y Calle, 2015). El follaje también se podría utilizar para la elaboración de harinas para suplementación humana (Giraldo, 2006).

Tabla 19 Productividad de follaje de mandioca y de Proteína Bruta Foliar en kg ha⁻¹ para los diferentes cultivares de mandioca.

Clones	Rto. Follaje Seco (kg ha ⁻¹)	Rto. Proteína Bruta (kg ha ⁻¹)
Verde Santa Ana	936,75 A	233,43
Amarilla Marcelo	623,30 A	150,58
Blanca Santa Catalina	525,89 A	111,80
Palomita	587,99 A	152,05
Rocha	769,46 A	188,51
Ramada Paso	743,45 A	142,66
Yerutí	710,70 A	151,66

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

Analizando los rendimientos promedio de follaje seco de cada clon se pudo observar como estos se comportaron de muy diferente manera, y en relación a eso los contenidos de proteína bruta (%) también defirieron.

Los cvs. Verde Sta. Ana, Rocha, Ramada Paso y Yerutí se destacaron por su productividad de follaje seco que en estos casos superaron los 700 kg ha^{-1} y de proteína superando los 140 kg ha^{-1} PB, razón por la cual podrán ser caracterizados como un buen material forrajero. Estos valores dependen de la variedad, condiciones climáticas, tipo de suelo y fertilización (Gil Llanos, 2015). Al haber estado todos los clones en estudio en igualdad de condiciones, se concluye que es el carácter genético lo que definió esta condición.

CONCLUSION

A partir de este trabajo se pudo observar el comportamiento diferencial de los clones de mandioca bajo estudio en el tiempo.

En términos de raíces, los clones de mayor productividad fueron Rocha, Verde Santa Ana y Amarilla Marcelo que por sus características genéticas superaron al rendimiento medio de la provincia de Corrientes, con valores de 22729,71; 16941,90 y 16221,43 kg ha⁻¹ de raíces totales respectivamente.

Por su parte, los mismos clones alcanzaron la mayor productividad en términos de rendimiento de almidón, pero en este caso el mayor porcentaje promedio correspondió a Amarilla Marcelo (29,97%), seguido de Verde Santa Ana (28,05%) y Rocha (26,24%) que llegaron a 4861, 4752 y 5964 kg ha⁻¹ respectivamente, destacándose por su potencial calidad industrial.

La calidad culinaria, por su parte, presentó variaciones notables en relación al tiempo de muestreo y entre clones. Quedó en evidencia que después del rebrote esta cualidad se pierde en la totalidad de los clones, por lo que únicamente pueden destinarse a industrialización. Por su parte se observó que desde los 6 meses de plantado (marzo del año 2018), todos los clones presentaron buena calidad culinaria, que se extendió hasta el mes de mayo para los cvs. Amarilla Marcelo, Palomita y Blanca de Santa Catalina e inclusive hasta el mes de junio para los dos últimos clones. En este sentido, los clones Verde Santa Ana, Ramada Paso y Yerutí no resultaron recomendables para consumo de mesa por su reducida calidad culinaria, pero serían aptos para industrialización u otros destinos. Si bien los menores rendimientos de raíces del experimento fueron los cvs. Blanca S. Catalina y Palomita, estos se destacaron por sus porcentajes promedio de almidón, 30 y 31% respectivamente, lo que les otorgó calidad culinaria destacable y constante durante todo su primer periodo de crecimiento.

La calidad nutricional del follaje se asoció los cvs. Verde Sta. Ana y Rocha que resultan así los más convenientes para fines forrajeros aportando 233 y 188 kg de PB ha⁻¹ respectivamente con un corte en el ciclo.

Los resultados obtenidos en esta tesis, ponen en evidencia que cada clon presenta un potencial y un momento óptimo para obtener la máxima productividad según el destino de la producción en las condiciones agroecológicas del norte de la Provincia de Corrientes.

BIBLIOGRAFIA

- Aristizabal, J. y Calle, F. 2015. Producción, Procesamiento, Usos y Comercialización de Mandioca. Cuaderno Tecnológico Nº 22. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), 41 pp.
- Bongiovanni, R.; Morandi, J.; Troilo, L. 2012. *Competitividad y Calidad de los Cultivos Industriales: Caña de Azúcar, Mandioca, Maní, Tabaco, Té y Yerba Mate*. INTA. Córdoba, Argentina. 108 pp.
- Buitrago, J. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. 446 p. (Publicación CIAT; Nº 85) ISBN 958- 9183-10-7
- Burgos, A. M. 2018- Estado actual del cultivo de mandioca en la República Argentina. Revista Agrotecnia 27: 14-18 <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/view/3482>.
- CAFAGDA. Cámara Argentina de Fabricantes de Almidones, Glucosas, Derivados y Afines. http://www.cafagda.com.ar/estad_impo.htm. [fecha de consulta: enero 2018].
- Calle, F. 2002. “Control de Malezas en el cultivo de la yuca”. En: B. Ospina & H Ceballos (eds). La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización, y Comercialización. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) Cali, Colombia. 7: 126-128
- Ceballos, H. y de la Cruz, G. A., 2002. Taxonomía y Morfología de la yuca. En: B. Ospina & H. Ceballos (eds). La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización, y Comercialización. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) Cali, Colombia. 2:17-33
- Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. En: La yuca en el tercer milenio. (Ospina, B. & Ceballos, H. eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. Cap. 1 (1-13p).
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2005. Annual Report. Output 145. Genetic Base of Cassava and related *Manihot* species evaluated and available for cassava improvement: higher nutritional quality. Proyect IP3: improving cassava for the development world.
- Cock, J. 1989. La Yuca Nuevo Potencial Para un Cultivo Tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 240 pp.
- Di Rienzo J.; Casanoves, F.; Balzarín, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat v. 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Escobar, E. H.; Ligier, D.; Melgar, M.; Matteio, H.; Vallejos O. 1994. Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la Provincia de Corrientes, Argentina.

Publicación del Convenio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-ICA) y Provincia de Corrientes-CFI, Argentina. pp. 129.

- FAOSTAT (División Estadística de la Food and Agriculture Organization of the United Nations) En: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>. 2017. [fecha de consulta: enero 2018].
- Fukuda, W. M. G.; Silva, S. O.; Porto, M. C. M. 2002. Caracterização e Avaliação de Germoplasma de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz. En: Cassava: Biology, Production and Utilization. Hillocks, R. J., Tres, J. M. and Bellotti, A. C. (eds). CAB International. London, U. K. 352 pp.
- Gallego, L. M., S. Ronco y R. Melgar. 1991. Prov. de Corrientes. Caracterización Agroclimática Tomo 5. 2° etapa Agroecología de los Cultivos. 188 pp.
- Gil Llanos, J.; Buitrago J. 2002. La yuca en la alimentación animal. En Ospina B., Ceballos H. (Eds.) La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 527-569 pp.
- Gil Llanos, J. 2015. Uso de Yuca en la alimentación animal. Corporación CLAYUCA. Palmira, Colombia. Cartilla Módulo 3. 16 pp. http://www.clayuca.org/sitio/images/publicaciones/cartilla_modulo_3_yuca_alimentacion_animal.pdf
- Giraldo Toro, A. 2006. Estudio de la obtención de harina de hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para consumo humano. Tesis de grado en Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca. Popayán. Colombia. 96 pp.
- Gómez, W. R.; Cardona, C. E., Rivero, S. T. 2016. Producción y calidad del forraje de tres clones de yuca bajo tres densidades de siembra. Revista Temas Agrarios. Vol. 21(2): 9 - 20 pp.
- Hershey, C. 1991. Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 426 pp.
- Howeler, R. 2014. Sustainable Soil and Crop Management of Cassava in Asia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 280 pp.
- Lozano, J. C. 1987. Alternativas para el control de enfermedades en yuca. Reunión de trabajo sobre intercambio de germoplasma: cuarentena y mejoramiento de yuca y batata. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y Centro Internacional de la Papa (CIP), Cali, Colombia, julio 1987.
- Montaldo, A. 1979. La Yuca o Mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 386 pp.

- Murphy G. M. (Ed.) 2008. Atlas Agroclimático de la Argentina. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina. 130 pp.
- Ospina, B. y Ceballos, H. (eds) .2002. La Yuca Para en el Tercer Milenio. Bogotá, Colombia. 584 pp.
- Page A. L., Miller R. H., Keeney D. R. 1982. Methods of soil analysis, Chemical and microbiological properties, Second edition, Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. Cap. 2. 41 pp.
- Ramanujan, T. 1990. Effect of moisture stress on photosynthesis and productivity of cassava. *Photosynthetica* 24 (2):217-224.
- Talma S. V.; Almeida S. B; Lima R. M. P; Vieira H. D; Berbert P. A. 2013. Tempo de cozimento e textura de raízes de mandioca. *Brazilian Journal Food Technology*. Campinas, v. 16, (2): 133-138 pp.
- 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. 567-575 pp.
- Uset, O. A. 2009. Utilización de Raíces y Parte Aérea de Mandioca en la Alimentación Animal. Informe Técnico N° 62. EEA Montecarlo, Mnes. 18.
- Uset, O. A. 2011. Mandioca, mucho más que Chipá. INTA EEA Montecarlo, Misiones. Proyecto Lechero. 3 pp.
- Wheatley C.; Fernandez, F. 1991. Conservación de raíces de yuca en bolsa de polietileno CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) Cali, Colombia. 31 pp.

Paginas consultadas:

- <file:///E:/Trabajo%20final%20mandioca/cuadernillo22%20Aristizabal%20y%20Calle,%202015.pdf>
- [file:///E:/Trabajo%20final%20mandioca/Evaluación%20y%20selección%20de%20clones%20de%20yuca%20\(Manihot%20esculenta%20Crantz\)%20inia.pdf](file:///E:/Trabajo%20final%20mandioca/Evaluación%20y%20selección%20de%20clones%20de%20yuca%20(Manihot%20esculenta%20Crantz)%20inia.pdf)
- <file:///E:/Trabajo%20final%20mandioca/script-tmp-inta-cuadernillo-mandioca.pdf>
- <file:///E:/Trabajo%20final%20mandioca/06-mandioca.pdf>