



La Universidad que Siembra

ISSN 1012-7054  
**REVISTA  
UNELLEZ DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Volumen 34 - 2016

Depósito legal pp 198302 BA 171

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES  
EZEQUIEL ZAMORA**

**Guanare - Venezuela**



*La Universidad que Siembra*

ISSN 1012-7054

**REVISTA  
UNELLEZ DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**Volumen 34 – 2016  
enero - diciembre**

Depósito legal pp 198302 BA 171

---

---

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES  
EZEQUIEL ZAMORA

Guanare - Venezuela

**UNIVERSIDAD EZEQUIEL ZAMORA**  
**Consejo Directivo Universitario**

*Prof. Alberto Quintero*  
**Rector**

*Prof. Oscar Hurtado*  
**Secretario General**

*Profa. Zulay Rojas*  
**Vice-Rectora de Servicios**

*Profa. Arlene Vergaras*  
**Vice-Rector de Planificación y Desarrollo Social**  
Barinas, estado Barinas

*Prof. Alberto Herrera*  
**Vice-Rector de Producción Agrícola**  
Guanare, estado Portuguesa

*Prof. Edwin Vivas*  
**Vice-Rectora de Infraestructura y Procesos Industriales**  
San Carlos, estado Cojedes

*Profa. Marys Orasma*  
**Vice-Rector de Planificación y Desarrollo Regional**  
San Fernando de Apure, estado Apure

*Prof. Adelis Arias*  
**Secretario Ejecutivo de Investigación**

## REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La revista Unellez de Ciencia y Tecnología es una publicación anual de la Universidad Ezequiel Zamora, subvencionada por la misma Universidad y el estado venezolano, fundada en 1982, inicialmente se publicaba a través de las series Producción Agrícola y Ecosociales; a partir de 1995 se crearon dos revistas independientes y a la serie Producción Agrícola se asignó continuidad en el nombre. Desde su creación ha mantenido la periodicidad propuesta. La edición y composición se lleva a cabo en el Vicerrectorado de Producción Agrícola de la Universidad Ezequiel Zamora, en la actualidad se publica en versión electrónica en la página web de la UNELLEZ: <http://app.vpa.unellez.edu.ve/revistas/>.

La revista Unellez de Ciencia y Tecnología tiene como política editorial la publicación de trabajos de investigación originales, comunicaciones técnicas y reseñas científicas en ciencias agrícolas y ambiente. En el proceso de publicación, cada trabajo recibido es revisado por el comité de editores y posteriormente es enviado a dos árbitros especialistas del tema, de filiación institucional diferente a la Universidad Ezequiel Zamora. La opinión de esos revisores externos determina la aceptación del trabajo. Las instrucciones para los autores aparecen en todos los números y el índice acumulado cada cuatro números. El título abreviado es Rev. Unell. Cienc. Tec., para uso en referencias bibliográficas.

### MISIÓN

La revista Unellez de Ciencia y Tecnología es un medio de divulgación científica con elevada responsabilidad y seriedad, dedicada a publicar resultados originales e inéditos de investigaciones de procedencia nacional o internacional, que aporten conocimientos significativos en ciencias agrícolas y ambiente para el área tropical y subtropical.

### VISIÓN

Conformar una referencia relevante en la difusión y transferencia de conocimiento de alta calidad académica, con notoria visibilidad a través de bases de datos científicas y amplia distribución, para incentivar la discusión y análisis de resultados en miembros de la comunidad científica relacionada con las ciencias agrícolas y ambientales.

## OBJETIVOS DE LA REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

- Contribuir con el progreso científico a través de la publicación de trabajos de investigación generados por los miembros del personal docente y de investigación de la Universidad Ezequiel Zamora y otros autores nacionales e internacionales, relacionados con el ámbito de publicación de la revista.
- Constituir un medio de vinculación con el universo de la búsqueda científica a través del canje.
- Incentivar la incorporación de nuevos investigadores, a través de la disposición de un órgano de divulgación de información especializada de elevada exigencia y calidad.
- Ofrecer un medio de difusión para información presentada en eventos científicos, una vez se cumplan los requerimientos exigidos en el proceso editorial de la revista.

Toda correspondencia debe dirigirse a:  
Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología,  
Universidad Ezequiel Zamora UNELLEZ, Guanare, Venezuela o  
Directamente al comité editorial  
UNELLEZ, Mesa de Cavacas, Guanare, Portuguesa, Venezuela.  
Recibimos contribuciones de los autores a través de:  
[revistaunellezcytguanare@gmail.com](mailto:revistaunellezcytguanare@gmail.com)

Revista de distribución gratuita. Para trámite relativo a intercambio, contactar a  
Coordinación de Biblioteca Andrés Eloy Blanco, UNELLEZ, Guanare, Telf. 0257 2568006-08,  
Fax: 0257 2568130

Esta revista está indizada por  
REVENCYT, CAB International, AGRIS, LATINDEX (en catálogo)  
ACTUALIDAD IBEROAMERICANA e incluida en el Registro de Publicaciones Científicas y  
Tecnológicas Venezolanas del FONACIT

### Copyright

Los artículos publicados en la revista Unellez de Ciencia y Tecnología se pueden copiar de forma gratuita para utilizarlos sólo con fines académicos y científicos. La reproducción y utilización de los artículos publicados en esta revista con fines diferentes a los indicados, deberá ser solicitada ante el Comité Editorial de la revista.

Agradecemos intercambio  
We would appreciate exchange  
On vous remercie l'échange  
Wir danken der austausch  
Ringraziammo il cambio

# REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Publicación anual de la Universidad Ezequiel Zamora  
Volumen 34 – 2016  
enero - diciembre

**Editor** : Duilio Nieves  
**Co-Editor** : Miguel Áñez  
**Comité Editorial** : Pedro Salazar, César Zambrano, Santos Miguel Niño, Andrés Eloy Seijas, Mifai Chang y Juan Rodríguez

Miembros del personal docente y de investigación, Programa Ciencias del Agro y del Mar, Vicerrectorado de Producción Agrícola, UNELLEZ, Guanare.

## CONSEJO DE REDACCIÓN

NOMBRE	ESPECIALIDAD	CENTRO DE TRABAJO
Álvarez, Luís	Cereales	UNELLEZ
Aular, Jesús	Fruticultura	UCLA
Barrera, Roberto	Estadística	IZT, UCV
Bautista, Dámaso	Fruticultura	UCLA
Bisbal, Francisco	Fauna	Profauna-MARNR
Botero, Raúl	Producción Animal	EARTH, Costa Rica
Bryan, William	Forrajes	West Virginia University, USA
Casanova, Raúl	Apicultura	UNET
Castejón, Manuel	Nutrición Animal	FAGRO-UCV
Chacón, Eduardo	Forrajes	FCV-UCV
Correa-Viana, Martín	Fauna Silvestre	UNELLEZ
Felipe, Edmundo	Olericultura	FAGRO-UCV
Fernández, Alberto	Zoología	FAGRO-UCV
García-Pérez, Juan	Ecología-Zoogeografía	UNELLEZ
González, Carlos	Producción Animal	FAGRO-UCV
Lander, Eduardo	Zoología y Manejo de Fauna	FAGRO-UCV
Lascano, Carlos	Producción Animal	CIAT, Cali, Colombia
Leal, Freddy	Fruticultura	FAGRO-UCV
Ly, Julio	Nutrición Animal	IIP-Cuba
Morales, Gonzalo	Ornitología-Ecología	IZT-UCV
Morales, Frank	Nutrición Animal	UNELLEZ
Moreno-Álvarez, Mario J.	Tecnología de Alimentos	USR - Canoabo
Muñoz, Antonia	Forrajes	UNELLEZ
Ojasti, Juhani	Ecología, Manejo de Fauna	UNELLEZ, UZT, UCV
Ojeda, Alvaro	Producción Animal	FAGRO-UCV
Párraga, Carlos	Estadística	UNELLEZ
Ramírez, Ymmer	Ingeniería Agrícola	UNELLEZ
Rodríguez, Tomás	Reproducción Animal	UDO
Tejos, Rony	Forrajicultura	UNELLEZ
Tovar, Yorman	Redacción y Estilo	UNELLEZ
Vaccaro, Lucía	Mejoramiento Animal	FAGRO-UCV
Vallejo, Oswaldo	Ecología	UNELLEZ
Verde, Omar	Mejoramiento Animal	FCV-UCV

**REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**Volumen 34 - 2016**  
**enero – diciembre**

**CONTENIDO**

<b>Artículo</b>	<b>Páginas</b>
Potencial de plantas hijas de fresa cultivar Chandler de diferentes nudos del estolón como material de propagación. María Pérez de Camacaro, Maritza Ojeda, Norca Mogollón y Aracelis Giménez.....	1-8
Modelo de gestión de agua para el plan de cultivos del canal M7-1 del sistema de riego Cojedes-Sarare, Estado Portuguesa. Anolaima Delgado, Yelitza García, Belkis Gutiérrez, Jenny Torrealba y Samuel Herrera.....	9-19
Extractos de <i>Allium sativum</i> y <i>Origanum vulgare</i> como reductor de <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> , causales de mastitis subclínica. Fátima Arteaga, Ernesto Hurtado y Hugo Dueñas.....	20-24
Efecto de fertilización nitrogenada e intervalo entre cortes sobre contenido de proteína cruda y fibra en <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo en Portuguesa. Nora Valbuena, Rony Tejos y Yamir Terán.....	25-32
Efecto de un fertilizante orgánico microalgal en la germinación y crecimiento de plántulas de albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> L.). Yelitza García-Orellana, Gonzalo Soto, Valdano Tafur, Ana G. Simbaña, Edgar G. Tello, Juan José Brito.....	33-39
Modelos de estimación de área foliar a partir de observaciones morfológicas en <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo. Nora Valbuena, Carlos Párraga, Luis Linares, Jonathan Ramos y Julián Junco.....	40-44
Elaboración y caracterización de fertilizante orgánico mineral con polvo de horno de cemento y gallinaza. Ricardo Orellana.....	45-49
Evaluación fisiológica y agronómica de clones promisorios de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) sometidos a condiciones de estrés por sequía. Rommel León, Mercedes Pérez, Francia Fuenmayor, María Gutiérrez, Adrián Rodríguez, Gustavo Rodríguez y Carlos Marín.....	50-57
Anatomía de la raíz de <i>Encyclia cordigera</i> (Kunth) Dressler (Orchidaceae). Mannelly Ramírez, Santos Niño y Thaida Berrío.....	58-61

**REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**Volume 34 - 2016**

**January – December**

**CONTENT**

<b>Article</b>	<b>Pages</b>
Potential of strawberry daughter's plants cultivar Chandler from different position in the stolon as propagation material. María Pérez de Camacaro, Maritza Ojeda, Norca Mogollón y Aracelis Giménez .....	1-8
Water management model for M7-1 channel plan crop at Cojedes-Sarare irrigation system, Portuguesa State. Anolaima Delgado, Yelitza García, Belkis Gutiérrez, Jenny Torrealba y Samuel Herrera .....	9-19
Extracts of <i>Allium sativum</i> and <i>Origanum vulgare</i> as reductor of <i>Escherichia coli</i> and <i>Staphylococcus aureus</i> , causes of mastitis subclinical. Fátima Arteaga, Ernesto Hurtado y Hugo Dueñas .....	20-24
Effect of nitrogen fertilization and intervals between cuts on raw protein and fiber content in <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo in Portuguesa State. Nora Valbuena, Rony Tejos y Yamir Terán .....	25-32
Effect of microalgae organic fertilizer on basil ( <i>Ocimum basilicum</i> L.) germination and seedling growth. Yelitza García-Orellana, Gonzalo Soto, Valdano Tafur, Ana G. Simbaña, Edgar G. Tello, Juan José Brito .....	33-39
Models estimating leaf area from morphological observations in <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo. Nora Valbuena, Carlos Párraga, Luis Linares, Jonathan Ramos y Julián Junco .....	40-44
Preparation and characterization of mineral organic fertilizer with cement kiln dust and chicken manure. Ricardo Orellana .....	45-49
Physiological and agronomic evaluation of promising cassava ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) clones under stress conditions. Rommel León, Mercedes Pérez, Francia Fuenmayor, María Gutiérrez, Adrián Rodríguez, Gustavo Rodríguez y Carlos Marín .....	50-57
Anatomy of the root of <i>Encyclia cordigera</i> (kunth) Dessler (Orchidaceae). Mannelly Ramírez, Santos Niño y Thaida Berrio .....	58-61



## POTENCIAL DE PLANTAS HIJAS DE FRESA CULTIVAR CHANDLER DE DIFERENTES NUDOS DEL ESTOLÓN COMO MATERIAL DE PROPAGACIÓN\*

### Potential of strawberry daughter's plants cultivar Chandler from different position in the stolon as propagation material

María Pérez de Camacaro<sup>1</sup>, Maritza Ojeda<sup>1</sup>, Norca Mogollón<sup>1</sup> y Aracelis Giménez<sup>1</sup>

#### RESUMEN

La propagación vegetativa más utilizada en fresa está constituida por plantas hijas provenientes de los estolones, las cuales varían su potencial productivo en función de la posición en el nudo, manejo hortícola y condiciones ambientales. En la presente investigación se evaluó el comportamiento vegetativo, reproductivo, producción y calidad de los frutos de plantas hijas seleccionadas de diferentes nudos del estolón de la fresa cultivar Chandler. Las plantas madres provenían de cultivo *in vitro*, las cuales fueron aclimatizadas y desarrolladas hasta producir los estolones y las plantas hijas crecieron bajo condiciones de umbráculo. Los tratamientos consistieron en plantas hijas procedentes del 2<sup>do</sup>, 3<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> nudo del estolón de plantas madres; las cuales fueron trasplantadas, al desarrollar suficiente sistema radical y con al menos tres hojas expandidas, en maceteros con sustrato a base de vermicompost + arena + cáscara de arroz (1:2:2 v/v). Posteriormente las plantas hijas se llevaron para su crecimiento y producción a la localidad de Paso Real del estado Lara. El mayor número de hojas, coronas, flores e inflorescencias, así como los más altos valores de masa fresca, diámetro polar y ecuatorial, contenido de sólidos solubles totales en los frutos y rendimiento correspondieron a las plantas hijas provenientes del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo. El número de frutos/planta tendió a decrecer según incrementó la posición en el nudo. Las plantas hijas provenientes del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo mostraron el mayor potencial como material de propagación.

**Palabras clave:** *Fragaria x ananassa* Duch, crecimiento vegetativo, desarrollo reproductivo, producción, calidad, prácticas hortícolas.

#### ABSTRACT

The vegetative propagation most used in strawberry consists of daughters plants from stolons, which vary their productive potential based on the position in the node, horticultural management and environmental conditions. In this research was evaluated the vegetative growth, reproductive development, yield and fruit quality of the daughter plants selected from different nodes on the stolon of the strawberry cultivar Chandler. Mothers from *in vitro* culture plants were acclimatized and developed to produce stolons and daughter plants under a shed condition. The treatments consisted of the daughter plants selected from the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> node in the stolon from the mother plants, which were transplanted to develop adequate root system and with at least three expanded leaves in pots with substrate based on vermicompost + sand + rice of shell (1: 2: 2 v / v). The plants were carried for the production and growth at Paso Real in Lara state. The highest number of leaves, crowns, flowers, inflorescences and higher values of fresh mass, polar and equatorial diameters and total soluble solids content in the fruits, as well as yield correspond to daughter plants from the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> nodes. The number of fruits per plant tended to decrease as the position on the node increased. The daughter plants from the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> nodes showed the greatest potential as propagating material.

**Key words:** *Fragaria x ananassa* Duch, vegetative growth, reproductive development, yield, quality, horticultural practices.

(\*) Recibido: 15-06-2015

Aceptado: 12-04-2016

<sup>1</sup> Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", UCLA, Posgrado de Horticultura. Apartado 400. Cabudare-Lara. Venezuela. mariap@ucla.edu.ve.

## INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es una planta perenne de porte bajo, constituida por tallos cortos o coronas en forma de rosetas de aproximadamente 2,5 cm de diámetro. Las coronas están formadas por entrenudos cortos de 2 mm de longitud en promedio, donde se localizan los primordios foliares, radicales y yemas, a partir de los cuales se originan los estolones o tallos rastreros, que producirán las plantas hijas. Los estolones son tallos largos y delgados, los cuales se forman de las yemas axilares en la corona y se diferencian de ésta por la longitud que presentan los dos primeros entrenudos. Las plantas hijas provienen del segundo entrenudo y están en capacidad de producir sus propios estolones. Una planta vigorosa puede generar entre 10 y 15 estolones durante el ciclo de crecimiento y desarrollo del cultivo. A lo largo de los estolones se pueden producir alrededor de 100 plantas hijas, las cuales son de gran importancia, ya que comercialmente constituyen el principal método de propagación en la fresa (Hancock 1999; López-Medina 2008).

El crecimiento vegetativo, desarrollo reproductivo y producción de la planta de fresa son sensibles a los factores ambientales, especialmente a la latitud, temperatura y el fotoperíodo que son esenciales para su adaptación. El comportamiento de este cultivo en condiciones templadas y subtropicales ha sido ampliamente estudiado, donde se ha determinado la importancia de estos factores (Durner *et al.* 1984). Contrariamente bajo condiciones tropicales existe poca información al respecto; sin embargo, al parecer el factor temperatura es responsable de la fisiología del crecimiento y producción de la fresa (Darnell 2003). El proceso de floración (inducción, iniciación y diferenciación) es complejo, y su respuesta está en función del tipo de cultivar (López-Aranda *et al.* 2011). Las altas temperaturas y los días largos (más de 12 horas luz) generan un crecimiento vegetativo excesivo. Las bajas temperaturas y los días cortos inducen floración. Basados en la respuesta de la inducción floral al fotoperíodo, la fresa ha sido clasificada como planta de días cortos, largos y neutrales. La planta de fresa requiere acumular horas de frío, con

temperaturas entre 7 y 10°C para obtener un adecuado crecimiento y abundante fructificación. Este requerimiento es variable dependiendo del cultivar (Durner *et al.* 1984; Darnell 2003). En Venezuela por su ubicación tropical, los cultivares utilizados son de días cortos y neutrales, entre los cuales se destaca el cultivar Chandler que es un material Californiano de días cortos, planta semirecta con buena capacidad para generar coronas, hojas grandes y de color verde claro; alto potencial productivo de fruta mediana (22-30 g) conocida por su excelente calidad gustativa y organoléptica de aspecto cónica- alargada y ligeramente firme, por lo que es un cultivar utilizado en muchas partes del mundo (López *et al.* 2005). Los cultivares de días cortos se caracterizan por presentar un antagonismo pronunciado y puntual entre el crecimiento vegetativo y reproductivo en condiciones templadas y subtropicales a diferencia del trópico, donde este proceso es menos acentuado y con fluctuaciones, debido a que las temperaturas son más estables durante el año (Pérez de Camacaro *et al.* 2002). En Venezuela las plantaciones comerciales de fresa se ubican en zonas sobre los 1000 msnm, temperaturas promedios entre 18 y 28 °C en los estados Lara, Táchira, Mérida, Trujillo, Aragua, Miranda y Monagas. La superficie establecida del cultivo es de 1.840 ha aproximadamente y rendimiento alrededor de 15 T.ha<sup>-1</sup> (FAO 2013).

En el país no se disponen de viveros que provean material de propagación para el establecimiento del cultivo de la fresa, por lo que es importante realizar investigaciones en busca de alternativas viables en la obtención de material vegetativo apropiado para la plantación del mismo. En este sentido, se han realizado estudios sobre la producción de material de propagación en pisos climáticos entre los 500 y 600 msnm, donde se encontró un incremento en la producción de estolones y plantas hijas con aplicación de 20 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> (ácido giberélico) para los cultivares Chandler y Camarosa (Pérez de Camacaro *et al.* 2009; 2014). Sin embargo, no se ha investigado sobre el comportamiento de las plantas hijas provenientes de diferentes posiciones en el nudo del estolón y producidas en estos pisos bajos, así como su potencial de uso como material de propagación al ser llevadas a las aéreas de

producción tradicionales en Venezuela, sobre 1000 msnm. El tamaño, vigor, estado fisiológico y desarrollo del material seleccionado para la propagación del cultivo están directamente relacionados con el éxito en el establecimiento y posterior rendimiento del cultivo de la fresa (Bartczak *et al.* 2010). Las plantas hijas que se desarrollan en las primeras posiciones del estolón son generalmente más grandes, maduras y vigorosas, y las que se desarrollan al final son más pequeñas. En un vivero de plantas de fresa siempre habrá variación entre tamaño y edad de los estolones y plantas hijas, ya que no son emitidas simultáneamente.

En la literatura se señala una correlación directa y positiva entre el diámetro de las coronas, tamaño de las plantas hijas y material de propagación utilizado, con la capacidad de respuesta al momento del establecimiento, y posterior desarrollo y producción de las plantas en campo. En este sentido, Durner *et al.* (2002) indicaron que al utilizar coronas para la propagación, la variable más importante es el diámetro y establecieron 8 mm como el valor mínimo promedio. Le Miére *et al.* (1998) en el cultivar Elsanta, encontraron una relación directa entre el tamaño de la corona como material de propagación y el crecimiento de las plantas. Similarmente Pérez de Camacaro *et al.* (2004) en estudios realizados utilizando coronas de 11,2-16,1 mm y 8,00-10,5 mm para los cultivares Elsanta y Bolero respectivamente, reportaron que el crecimiento y producción en las plantas provenientes de las coronas de mayores diámetros fueron superiores en ambos cultivares.

Igualmente, deben considerarse otros factores como el número de hojas, el tamaño de las plantas hijas y las condiciones ambientales al momento de la selección (Cocco *et al.* 2010). Estos autores encontraron que las plantas hijas de mayor tamaño en el cultivar Uruguayo Arazá fueron más vigorosas al momento del establecimiento, así como crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas en campo, con una temprana producción. En un estudio realizado en los cultivares Chandler y Camarosa durante tres años por Johnson *et al.* (2005), indicaron que con coronas de mayor diámetro (12-17,3 mm) se obtuvo una alta y

temprana producción comercial, concluyeron que un material vigoroso y sano produce plantas con adecuado crecimiento y alta producción. Takeda y Newell (2006) señalaron que el estado fisiológico y las condiciones de producción en el vivero donde el material de propagación es trasplantado afectan la posterior inducción y diferenciación floral, procesos que pueden ocurrir muy temprano en la fase de propagación o después del establecimiento en campo. Takeda *et al.* (2004) reportaron que al utilizar como material de propagación plantas hijas del cultivar Chandler, las de mayor peso (9,9 g) produjeron más coronas, 100% de sobrevivencia en campo, y 10% más de producción, que las de menor peso (0,9 g). Igualmente, estos mismos autores encontraron diferencias significativas para el tamaño del fruto según la posición en el nudo de las plantas hijas.

En esta investigación se evaluó el crecimiento vegetativo, producción y calidad de frutos de plantas hijas de fresa del cultivar Chandler provenientes de diferentes nudos del estolón y su potencial como material de propagación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal fue conformado por plantas de fresa cultivar Chandler producidas en el laboratorio de Biotecnología del Postgrado de Agronomía, UCLA. Las vitroplantas fueron aclimatizadas durante dos meses (noviembre-diciembre 2011) bajo condiciones de umbráculo y luego colocadas en maceteros plásticos de 13 cm de profundidad por 16 cm de diámetro con un sustrato de vermicompost + arena + cáscara de arroz en proporción (1:2:2 v/v). Las características del sustrato fueron 59,15% de porosidad total, macroporos 37,31%, microporos 21,76%, densidad aparente (Da) 0,43% Mg/m<sup>3</sup> y densidad promedio de partículas 1,05 Mg/m<sup>3</sup>, según la metodología establecida por Pire y Pereira (2003). Para el ensayo fueron seleccionadas 30 plantas uniformes en tamaño, vigorosas y sanas; las cuales se dejaron desarrollar como plantas madres por siete meses (enero-julio 2012) hasta la producción de estolones y plantas hijas. Al momento de la selección de las plantas hijas, las plantas madres presentaron en promedio una altura de 22 cm, 37 hojas, de 5 a 8 coronas, entre 2 y 6 estolones y un rango de 3 a 10

plantas hijas por estolón. Las condiciones ambientales donde se desarrollaron las plantas madres fueron, temperatura 24 - 33 °C, 50 - 80 % de humedad relativa y altitud de 510 msnm, en el Posgrado de Agronomía de la UCLA, ubicado en Tarabana, municipio Palavecino del estado Lara.

Posteriormente, 10 plantas hijas para cada posición del nudo del estolón fueron seleccionadas. El ensayo se organizó en un diseño completamente al azar con tres tratamientos (posición en el 2<sup>do</sup>, 3<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> nudo del estolón en las plantas madres) con diez repeticiones y una planta como unidad experimental. Las plantas hijas con tres hojas expandidas, sistema radical bien desarrollado para garantizar su establecimiento fueron trasplantadas a maceteros con las dimensiones y sustrato descritos; dejadas en el umbráculo durante 2 meses (agosto-septiembre 2012) hasta que fueron llevadas a campo abierto para su crecimiento, desarrollo y producción, desde octubre 2012 hasta mayo 2013. El ensayo se condujo en la finca El Pedregal en la localidad de Paso Real, parroquia Diego de Lozada del municipio Jiménez del estado Lara, ubicado a 1200 msnm. La irradiancia estuvo en rango de 500-1000  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ; Temperatura máx y min de 28 y 20 °C, HR máx y min de 60 y 26%. Los datos de los factores climáticos fueron registrados entre las 9:00 am y 12:00 m horas durante los meses del ensayo. Los valores de irradiancia fueron medidos quincenalmente con un fotómetro portátil marca LI-COR Modelo LI-250. La temperatura y la humedad relativa fueron cuantificadas simultáneamente con la irradiancia utilizando un medidor portátil Termo- Hygro model 11-661-13 Fisher Scientific. Las plantas madres a nivel de umbráculo y posteriormente las plantas hijas en campo fueron regadas diariamente y fertilizadas semanalmente con Solub (20-20-20 NPK + micronutrientes Mg, Bo, Cu, Fe, Mn y Zn) en dosis de 1,5 g/L de agua aplicada en el riego.

El potencial de las plantas hijas fue determinado a través de las siguientes variables de crecimiento vegetativo: número de hojas, coronas, estolones y expansión lateral aérea por planta, esta última obtenida del promedio de varias lecturas realizadas con una cinta métrica del alcance lateral del follaje (Pérez de Camacaro *et al.* 2014). El

desarrollo reproductivo estuvo representado por el número de inflorescencias, flores, frutos y rendimiento en gramos por planta durante el ciclo del cultivo. Las variables se midieron quincenalmente en 10 plantas por cada posición en el nudo del estolón. Durante el periodo de producción iniciado tres meses después de llevadas las plantas a campo, los frutos fueron recolectados en madurez organoléptica, completamente coloreados, uniformes y sin daños aparentes de insectos plagas y enfermedades; y trasladados bajo refrigeración al laboratorio de Postcosecha del Posgrado de Agronomía de la UCLA. Las variables físico- químicas de calidad fueron realizadas en 100 frutos por cada tratamiento. Las variables físicas fueron: masa fresca con el uso de balanza analítica de 0,01g de apreciación, diámetros (polar y ecuatorial) medidos con un vernier (mm). Las variables químicas fueron: contenido de sólidos solubles totales (SST, °Brix) medidos con un refractómetro digital Atago PR-101 (0 – 45 %), acidez total titulable (ATT) expresada en porcentaje (%) de ácido cítrico obtenida por valoración con NaOH 0,1 N hasta punto final de pH 8,1, con el uso de un potenciómetro marca Orion modelo 520-A, con el que también se midió el pH.

Los datos fueron procesados estadísticamente a través de análisis de varianza y prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando el programa Statistix versión 8.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor número de hojas (26,31) se obtuvo en plantas hijas del 2<sup>do</sup> nudo ( $P \leq 0,05$ ). El número de coronas fue superior para las del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo con 3,39 y 3,38, respectivamente (Tabla 1). Estos resultados son mayores que los reportados por Takeda *et al.* (2004), quienes encontraron 1,8 coronas en promedio para plantas del cultivar Chandler provenientes del 2<sup>do</sup> nudo. Es importante señalar el efecto del número de hojas y coronas sobre la producción de la planta de fresa, ya que las hojas son responsables de la producción de fotoasimilados que posteriormente son acumulados principalmente en los frutos; en las coronas se ubican los meristemos que originan las inflorescencias, determinantes de la producción de

frutos (Darnell 2003). La altura de la planta y expansión lateral aérea no fueron afectadas por la posición de la planta hija, ya que no se detectaron diferencias entre tratamientos ( $P \leq 0,05$ ), con valores promedios de 22,71 cm y de 33,65 cm, respectivamente para estas variables (Tabla 1). Similar a estos resultados, López *et al.* (2005) encontraron una altura superior a 18,94 cm para plantas del cultivar Chandler.

**Tabla 1.** Variables vegetativas de plantas hijas de fresa cultivar Chandler provenientes de diferentes nudos en el estolón.

Tratamiento Posición de la planta hija en el nudo	Variables vegetativas			
	Nº de hojas	Nº de Coronas	Altura (cm)	Expansión lateral aérea (cm)
2 <sup>do</sup>	26,31 a	3,39 a	22,74 a	34,16 a
3 <sup>ro</sup>	23,12 b	3,38 a	23,17 a	33,10 a
4 <sup>to</sup>	19,04 c	2,86 b	22,21 a	33,68 a

Letras distintas indican diferencias significativas en las columnas ( $P \leq 0,05$ ).

Las variables reproductivas mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0,05$ ), el mayor número de flores (10,39) se observó en plantas hijas del 2<sup>do</sup> nudo (Tabla 2). El número de inflorescencias fue superior para las del 2<sup>do</sup> nudo (2,93) con respecto al 4<sup>to</sup> nudo (2,18). Los resultados para el número de flores e inflorescencias fueron consistentes con los obtenidos para el número de coronas, ya que los mayores valores de estas variables se presentaron en las plantas provenientes del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo. Las estructuras reproductivas se originan en las coronas, y un mayor número de coronas permite incrementar la producción de flores e inflorescencias en la planta (Darnell 2003). Estos resultados sugieren buen potencial productivo de las plantas provenientes del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo como material de propagación (Tabla 2).

**Tabla 2.** Variables reproductivas de plantas hijas de fresa cultivar Chandler provenientes de diferentes nudos en el estolón.

Tratamiento Posición de la planta hija en el nudo	Variables reproductivas	
	Nº de flores	Nº de inflorescencias
2 <sup>do</sup>	10,39 a	2,93 a
3 <sup>ro</sup>	7,58 b	2,71 ab
4 <sup>to</sup>	7,16 b	2,18 b

Letras distintas indican diferencias significativas en las columnas ( $P \leq 0,05$ ).

El mayor rendimiento de frutos por planta (865,35 g), así como mayor masa fresca del fruto (12,82 g), diámetros polar y ecuatorial (38,95 y 25,19 mm), se obtuvieron en plantas provenientes del 2<sup>do</sup> nudo en el estolón. El número de frutos por planta no fue afectado por la procedencia de las plantas hijas, aunque tendió a disminuir en la medida que aumentó la posición en el estolón (Tabla 3). Hamman y Poling (1997) reportaron que las plantas hijas del 2<sup>do</sup> nudo del cultivar Selva presentaron mayor producción y fueron más precoces al compararlas con las del 3<sup>er</sup> nudo. Resultados similares a esta investigación fueron encontrados por Takeda *et al.* (2004), quienes reportaron diferencias significativas para la masa fresca de los frutos de fresa cultivar Chandler con valores entre 13 y 14,5 g en plantas procedentes de diferentes nudos, aunque sin tendencia definida según la posición en el nudo. Igualmente, estos autores señalaron que el rendimiento fue similar en plantas hijas (760 g) provenientes del 2<sup>do</sup>, 4<sup>to</sup>, 6<sup>to</sup>, 8<sup>vo</sup> y 10<sup>mo</sup> nudo. Sin embargo, el peso inicial del material vegetativo influyó sobre la producción final de las plantas hijas, ya que las más pesadas (9,9 g) produjeron 10% más que las de menor peso (0,9 g). Similarmente, Menzel y Smith (2012) reportaron que en las plantas hijas más grandes de los cultivares Festival y Florida Fortuna se obtuvieron mayores rendimientos. Es importante

**Tabla 3.** Producción durante el ciclo y variables físicas en frutos de las plantas hijas del cultivar Chandler provenientes de diferentes nudos en el estolón.

Tratamiento Posición de la planta hija en el nudo	Producción y variables físicas				
	Producción durante el ciclo			Diámetros (mm)	
	Nº frutos/planta	Rendimiento/planta (g)	Masa fresca de fruto (g)	Polar	Ecuatorial
2 <sup>do</sup>	67,50 a	865,35 a	12,82 a	38,95 a	25,19 a
3 <sup>ro</sup>	59,60 a	496,47 b	8,33 b	33,80 b	21,57 b
4 <sup>to</sup>	52,70 a	348,35 c	6,61 c	29,28 c	19,39 b

Letras distintas indican diferencias significativas en las columnas ( $P \leq 0,05$ ).

destacar que la masa fresca del fruto y el rendimiento por planta durante el ciclo obtenidos en esta investigación fueron superiores a los reportados para el cultivar Chandler por Takeda *et al.* (2004). Los frutos a cosecha alcanzaron una masa fresca superior a 6 g, con diámetros entre 25 y 18 mm, cuyos valores los ubican en la categoría Extra, I y II según las especificaciones de calidad de la Unión Europea para la comercialización de frutos de fresa (Pérez y Sanz 2008).

El crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo mostrado por las plantas hijas procedentes del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo del estolón se encuentran dentro de los rangos aceptables para el cultivar Chandler.

El contenido de sólidos solubles totales (SST) y la relación SST/ATT (acidez total titulable) presentaron los mayores valores (7,90 °Brix y 5,52) en los frutos cosechados en las plantas provenientes del 2<sup>do</sup> nudo (Tabla 4). Estos valores se ubican en el intervalo de 7 a 12 °Brix mencionados por Juárez- Rosete *et al.* (2007) y Moccia *et al.* (2007) para frutos del cultivar Chandler, y señalados de calidad aceptable según Roudeillac y Trajickovski (2004). El contenido de SST fue superior a 7 °Brix y la relación de SST/ATT cercana a 6, valores considerados como aceptables para frutos de calidad en fresa de los cultivares Camarosa, Diamante, Festival y Oso Grande, ya que el dulzor del fruto de fresa durante la maduración está determinado por la relación SST/ATT (Haffner y Vestheim 1997; Pérez y Sanz 2008; Padua *et al.* 2009). Los SST están constituidos mayormente por azúcares totales y ácidos orgánicos (Sturm *et al.* 2003). La ATT y pH fueron similares para los frutos en los diferentes tratamientos (Tabla 4). Nunes *et al.* (1995) indicaron valores de 3,50 para pH y 1,05 % para ATT en frutos 'Chandler' pre-enfriados y refrigerados a 1°C, resultados similares a los presentados por estas variables en este ensayo. Juárez- Rosete *et al.* (2007) encontraron valores de pH que oscilaron entre 3,5 y 4,3 y la ATT varió de 0,5 a 0,7 % de ácido cítrico en frutos de fresa Chandler.

La producción y las propiedades físico-químicas de los frutos a cosecha alcanzados por las

plantas hijas en esta investigación presentaron valores aceptables en las plantaciones del cultivar Chandler.

**Tabla 4.** Variables químicas en frutos de las plantas hijas del cultivar Chandler provenientes de diferentes nudos en el estolón.

Tratamiento	Variables químicas				
	Posición de la planta hija en el nudo	SST (°Brix)	ATT (%)	SST/ATT	pH
	2 <sup>do</sup>	7,90 a	1,43 a	5,52 a	3,42 a
	3 <sup>ro</sup>	6,68 b	1,44 a	4,63 b	3,37 a
	4 <sup>to</sup>	6,54 b	1,42 a	4,60 b	3,42 a

SST: Sólidos solubles totales. ATT: Acidez total titulable. Letras distintas indican diferencias significativas en las columnas (P ≤ 0,05).

## CONCLUSIONES

Las plantas hijas provenientes del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo del estolón en la planta de fresa presentaron el mayor crecimiento vegetativo, producción y calidad de frutos con rango de valores aceptables para el cultivar Chandler.

Las plantas hijas provenientes del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> nudo del estolón en la planta de fresa mostraron el mayor potencial para ser utilizadas como material de propagación en las plantaciones de fresa cultivar Chandler.

## AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" por la subvención de esta investigación (Proyecto 017-AG-2012). Al Sr. Moisés Mendoza en la finca El Pedregal ubicada en Paso Real del estado Lara por facilitarnos sus instalaciones para la realización del ensayo.

## REFERENCIAS

- Bartczak, M., Lisiecka, J. and Knaflewski, M. 2010. Correlation between selected parameters of planting material and strawberry yield. *Folia Horticulturae Ann.* 22(1):9-12.

- Cocco, C., Andriolo, J., Erpen, L., Cardosand, F. and Casagrande, G. 2010. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia* 45(7):730-736.
- Darnell, R. 2003. Strawberry growth and development. *In: The Strawberry. A book for Growers, Others.* Norman F. Childers (ed.). Modern Production Techniques. Horticultural Sciences Department. University of Florida. Gainesville. United States. pp. 3-10.
- Durner, E., Poling, E. and Mass, J. 2002. Recent advances in strawberry plug transplant technology. *HortTechnology* 12:545-550.
- Durner, E., Barden, J., Himelrick, D. and Poling, B. 1984. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day neutral, junbearing and everbearing strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (3): 396-400.
- FAO. 2013. Datos y estadísticas. En <http://www.fao.org/crop/statistics>. [junio de 2015]
- Haffner, K. and Vestrheim, S. 1997. Fruit quality of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae* 439:325-336.
- Hamman, K. and Poling, E. 1997. The influence of runner order, night temperature and chilling cycles on the earliness of 'Selva' plug plant fruit production. *Acta Horticulturae* 439:597-603.
- Hancock, J. 1999. *Strawberries*. CABI publishing, UK. 237p.
- Johnson, Ch., Raiford, T. and Whitley, K. 2005. Initial crown diameter of transplants influences marketable yield components of two strawberry cultivars in annual hill production system. *International Journal of Fruit Science* 5(4): 23-29.
- Juárez- Rosete, C., Rodríguez- Mendoza, M., Sandoval-Villa, M. y Muratalla-Lúa, A. 2007. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. *TERRA Latinoamericana* 25(1):17-23.
- Le Miére, P., Hadley, P., Darby, J. and Battey, N. 1998. The effect of thermal environment, planting date and crown size on growth, development an *Fragaria x ananassa* Duch cv. Elsanta. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 73: 786-795.
- López, L., Cárdenas, R., Lobit, P., Martínez, O. y Escalante, O. 2005. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(02):171-174.
- López-Aranda, J., Soria, C., Santos, B., Miranda, L., Domínguez, P. and Medina-Mínguez, J. 2011. Strawberry production in mild climates of the world. A review of current cultivar use. *International Journal of Fruit Science* 11:232-234.
- López-Medina, J. 2008. *La fresa de Huelva*. Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. España. 330 p.
- Menzel, C. and Smith, L. 2012. Effect of time of planting and plant size on the productivity of 'Festival' and 'Florida Fortuna' strawberry plants in a subtropical environment. *HortTechnology* 22(3): 330-337.
- Moccia, S., E. Mónaco, A. Oberti y A. Chiesa. 2007. Evaluación comparativa de índices de calidad a cosecha en seis variedades de frutilla. (*Fragaria x ananassa*, Duch). V Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones. Cartagena España. pp. 432: 441
- Nunes, M., Brecht, J., Morais, A. and Sargent, S. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6:17-28.
- Pádua, J., Duarte-Filho, J., Caproni, C., Da Mota, R., Antunes, L. and Do Carmo, E. 2009. Physical- Chemical characterization of

- strawberry cultivars. *Acta Horticulturae* 842:891-894.
- Pérez, A. y Sanz, C. 2008. Técnicas de poscosecha, manejo, almacenamiento y transporte de frutos. Capítulo V. *In: La fresa de Huelva*. Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. España. pp. 223- 247.
- .Pérez de Camacaro, M., Mogollón, N., Ojeda, M. y Giménez, A. 2009. The effect of gibberelic acid on the growth and flowering of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) 'Chandler' vitroplants. *Acta Horticulturae* 842: 793-796.
- Pérez de Camacaro, M., Mogollón, N., Ojeda, M. y Giménez, A. 2014. Efecto del ácido giberélico y la presencia de plantas hijas sobre el crecimiento y producción del cultivo de fresa. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Supl. 31 (1):54-64
- Pérez de Camacaro, M., Camacaro, G., Hadley, P., Battey, N. y Carew, J. 2002. Pattern of growth and development of strawberry cultivars 'Elsanta', 'Bolero' and Everest. *J. Amer. Soc. Sci.* 127 (6): 901- 907.
- Pérez de Camacaro, M., Camacaro, G., Hadley, P., Dennett, M., Battey, N. and Carew, J. 2004. Effect of plant density and initial crown size on growth, development and yield in strawberry cultivars 'Elsanta' and 'Bolero'. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 79(5):739-746
- Pire, R. y Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. *Propuesta metodológica Bioagro15* (1):55-64.
- Roudeillac, P. and Trajikovski, K. 2004. Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries. *Acta Horticulturae* 649:55-59.
- Sturm, K., Koron, D. and Stampar, F. 2003. The composition of fruit in different strawberry varieties depending on maturity state. *Food Chemistry* 83:417-422.
- Takeda, F. and Newell, M. 2006. Effects of runners tip size and plugging date on fall flowering in short – day strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars. *International Journal of Fruit Science* 6(4):103-107.
- Takeda, F., Hokanson, S. and Enns, J. 2004. Influence of daughter plant weight and position on strawberry transplant production and field performance in annual plasticulture. *HortScience* 39(7):1592-1595.



# MODELO DE GESTIÓN DE AGUA PARA EL PLAN DE CULTIVOS DEL CANAL M7-1 DEL SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE, ESTADO PORTUGUESA\*

**Water management model for M7-1 channel plan crop at Cojedes-Sarare irrigation system, Portuguesa State**

Anolaima Delgado<sup>1</sup>, Yelitza García<sup>2</sup>, Belkis Gutiérrez<sup>3</sup>, Jenny Torrealba<sup>4</sup> y Samuel Herrera<sup>1</sup>

## RESUMEN

Con el fin de disponer de herramientas que ayuden a la toma de decisiones ante posibles contingencias por escasez de agua de riego proveniente del embalse Las Majaguas, se desarrolló un modelo de gestión de agua para el plan de cultivos de parcelas abastecidas por el canal M7-1, del Sistema de Riego Cojedes-Sarare, estado Portuguesa. La información se obtuvo a través de 81 encuestas aplicadas a productores que sembraron con riego en el ciclo norte verano 2012-2013 y estadísticas llevadas por los hidrómetros que laboran en el sistema. El modelo matemático fue normativo, determinístico y estático, de programación lineal, ejecutado con el programa GAMS. Como resultados se determinaron los cultivos y la superficie óptima por finca con dos objetivos diferentes en el modelo: maximizar las ganancias del productor y minimizar el uso del agua. Por medio de la simulación se obtuvieron resultados productivos ante posibles escenarios de disminución de 80; 60 y 40% del agua disponible en el sistema, esto aporta posibles soluciones a fin de formular políticas efectivas y recomendaciones técnicas para optimizar el uso del recurso y aumentar la producción en la zona bajo estudio.

**Palabras clave:** riego, programación lineal, plan de cultivo, ahorro de agua

## ABSTRACT

In order to have tools that help decision making for possible contingencies concerning shortage of irrigation water from the reservoir Las Majaguas, a model water management for plan crop of plots supplied by the channel M7-1 from the Irrigation System-Sarare Cojedes, Portuguesa was developed. The information was obtained through surveys of 81 farmers who planted under irrigation in northern summer cycle 2012-2013 and statistics carried by hydrometrics working in the system. The mathematical model was normative, deterministic and static, linear programming, executed with the GAMS program. As a result, crops and optimum surface per farm with two different goals in the model were determined: maximize profits and minimize producer water use. Through simulation production results were obtained for possible scenarios of 80; 60 and 40% reduction of available water in the system, this provides possible solutions to formulate effective policies and technical recommendations to optimize resource use and increase production in the area under study.

**Key words:** irrigation, linear programming, cultivation plan, saving water.

---

(\*) Recibido: 27-11-2015

Aceptado: 27-06-2016

<sup>1</sup>Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA, Departamento de Ciencias Sociales, Cabudare-Lara. Venezuela. Apartado postal 400. anolaimadelgado@ucla.edu.ve.

<sup>2</sup>Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA, Departamento de Ingeniería Agrícola, Cabudare-Lara. Venezuela. Apartado postal 400. yelitzagarcia@ucla.edu.ve.

<sup>3</sup>Construproy Portuguesa 07. Acarigua- Portuguesa. E-mail: lisgeomaj@gmail.com.

<sup>4</sup>Universidad Fermín Toro, Escuela de Computación Cabudare-Lara. yens131@gmail.com.

## INTRODUCCIÓN

El Sistema de Riego Cojedes-Sarare se encuentra ubicado en el estado Portuguesa, constituye un parcelamiento de reforma agraria que data de 1963, se abastece del Embalse Las Majaguas y cuenta con canales primarios, secundarios y terciarios para distribuir el agua de riego a 14.000 ha y a 550 productores agrarios que siembran arroz, caña de azúcar, pastos para ganadería y tomate. El área sembrada de arroz y caña es predominante en el sistema de riego, el pasto en las últimas temporadas se ha incrementado, se siembran otros cultivos, pero en muy pequeñas áreas como tomate y maíz, este último relevante dentro del sistema en época de secano (INDER y MPPAT 2013).

Con más de 50 años de funcionamiento el sistema ha mostrado dificultades, según González y Salazar (2005), se evidencia disminución de la cantidad de agua del embalse debido al azolve, además de problemas en la distribución de agua por el deterioro de los canales, por lo que muchos productores carecen del agua para el riego de manera oportuna y permanente.

Por otra parte, la forma de producción trae consigo un uso agotador del agua, en cultivos como el arroz, en el cual persisten prácticas como riego por gravedad, nivelación tradicional y el batido del barro. Las limitaciones de un productor para sembrar son: suministro oportuno del agua por parte del hidrómetro (fecha de inicio), que el vecino permita la entrada de agua según su posición en el canal y los cortes programados de agua, que corresponden a número de días sin agua y con agua según el cronograma previsto por la empresa de riego (Delgado *et al.* 2015).

El cultivo de arroz posee las mayores demandas de agua del sistema de riego las Majaguas, consume más de 72% del agua disponible para riego. En este aspecto se debe mencionar que más de 22% de esa agua es utilizada para el “batido de barro”, sin que esto sea considerado como uso consuntivo del cultivo. El agua disponible en el embalse es suficiente para regar un total de aproximadamente 14.000 ha

siempre y cuando se disponga una eficiencia total en 45%. De aumentar la eficiencia del sistema a 55% se podría regar hasta unas 15.800 ha. En un escenario optimista de “no batido de barro” y eficiencia de 55% esta cifra se elevaría a 18.600 ha. Ello implicaría la adopción de nueva tecnología para la siembra de arroz y la organización de usuarios de riego que garantice la aplicación de las láminas de riego de una forma justa, oportuna y con principio de equidad (Baldayo y Bolívar 2001).

Según OLMECA-INDER (2010), en el año 2008, el Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela otorgó potestad al Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER) para llevar a cabo el mantenimiento del sistema de forma temporal, para este fin se creó la Empresa Socialista de Riego Las Majaguas (ESRLM).

Según el INDER y MPPAT (2013), en su Informe de Gestión de las Majaguas entre los años 1999-2013, la temporada con mayor área regada (12.115 ha) fue la del norte verano 2008 – 2009, y la mínima (7.020 ha) en 2009-2010. En la temporada 2008 – 2009, hubo mayor extracción de agua del embalse con  $263,49 \times 10^6 \text{ m}^3$ . En la temporada 2004–2005, se realizó la mayor entrega de agua, y en 2009-2010 se produjo la menor entrega de agua para los diferentes cultivos.

El motivo de esa menor entrega de agua fue la sequía consecuencia del Fenómeno del Niño, que ocasionó reducción de los niveles de agua del embalse, para este año se disminuyó el área de siembra. La toma de decisiones en la reducción del área a sembrar ante estos eventos inesperados se torna difícil, por la existencia de pequeños agricultores necesitados del ingreso proveniente de la venta de su cosecha para mantener a sus familias.

Las consecuencias de la disminución de la cantidad de agua disponible en el embalse por la sedimentación del embalse Las Majaguas y demás problemas que se presentan pueden ser minimizados, si existe el estudio de alternativas de cultivos ahorradores de agua que contribuyan a distribuir mejor el recurso.

La planificación de los cultivos a irrigarse en sistemas de riego es importante para seleccionar la mejor combinación, existen varias metodologías, entre ellas las basadas en la programación matemática, en las cuales a través de una función objetivo y restricciones se resuelven problemas complejos en búsqueda de una solución óptima. Se considera como plan de cultivos la combinación de actividades en cada finca y la superficie a sembrar que elige el modelo para cumplir con la función objetivo planteada.

La incorporación de las restricciones de agua en los modelos de selección de cultivos ha sido ampliamente tratada en países como España, haciendo énfasis en el cálculo de tarifas de agua. Tal es el caso de la obtención de una curva de demanda de agua de riego con la propuesta de un sistema de tarificación elaborado por Cañas *et al.* (2000). Jiménez *et al.* (2001) analizaron la toma de decisiones de los agricultores ante cambios en el precio del agua usando un modelo multicriterio, posteriormente Pujol (2002) usó la programación por metas ponderadas para la maximización del excedente del agua del regante, junto con la minimización de la mano de obra y el riesgo.

Martínez y Gómez-Limón (2004) propusieron un modelo de programación matemática que simula el equilibrio del mercado para diferentes escenarios de dotación de agua, costos de transacción y tarifa de agua, cuantificaron para cada caso, los beneficios económicos (incrementos de eficiencia) y sociales (impacto sobre el empleo agrario) que generaría la aplicación efectiva del mercado de agua, emplearon además simulaciones para calcular la disponibilidad de agua por transferencias incorporando una restricción de necesidades hídricas del cultivo y la compra de agua por parte del productor.

Riesgo y Gómez-Limón (2005) diseñaron un enfoque metodológico para el análisis de presiones e impactos de la aplicación conjunta de diferentes escenarios de política agraria y de tarificación del agua de riego, utilizaron modelos de programación matemática basados en la Teoría de la Utilidad Multiatributo (MAUT), de modo de simular el comportamiento de los agricultores en el futuro.

Los resultados obtenidos evidenciaron la utilidad de este enfoque metodológico para evaluar los efectos derivados de la aplicación conjunta de políticas.

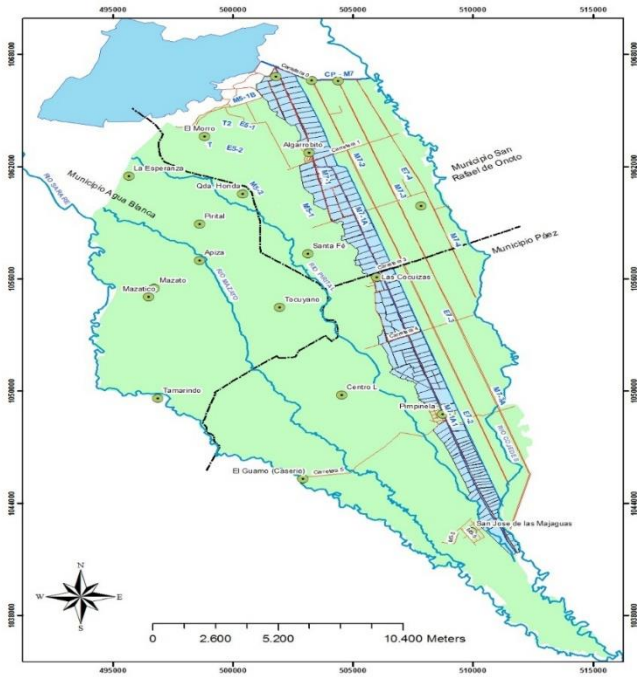
Villavicencio *et al.* (2011) para determinar el uso más eficiente del agua en zonas de secano, utilizaron el modelo de optimización no lineal ejecutado mediante el software GAMS-MINOS 2.25, que usa funciones agua-producción para diversos cultivos, costos de producción y de construcción de embalses y determinan el patrón de cultivos que optimiza el uso del agua utilizando una restricción física de disponibilidad de agua, la cual no puede ser mayor que el agua envasada.

Calatrava y Martínez-Granados (2012) emplearon un modelo de programación matemática no lineal que asigna los recursos hídricos y la superficie regable entre los cultivos de cada unidad de demanda agraria, el modelo permitió analizar el impacto de los diferentes escenarios de disponibilidad de agua.

Dada la aplicabilidad metodológica de la programación matemática para aportar soluciones que contribuyan a una mejor toma de decisiones con respecto a la sección de un plan de cultivo ahorrador de agua, se propuso desarrollar un modelo de gestión de agua para el plan de cultivos del canal M7-1 del Sistema de Riego Cojedes-Sarare, estado Portuguesa.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema de Riego Cojedes-Sarare, más conocido como Las Majaguas, se localiza en la región Centroccidental de Venezuela, al Noreste del estado Portuguesa y límites con el estado Cojedes en jurisdicción de los municipios San Rafael de Onoto, Agua Blanca y Páez. Por su parte, el canal de riego M7-1 representa el 12,79% del total del sistema de riego, cuenta con una superficie de 4.213 ha, 23 parcelas de entre 10 a 15 ha, 213 productores registrados, de los cuales sólo 110 pertenecen al Consejo Comunal Canal M7-1. Los canales de distribución poseen 36 km de longitud entre canal piloto y canal secundario y 40,25 km de canales terciarios (color azul en la Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio.  
Fuente: MPPAT y ESRLM (2013)

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de datos utilizados en el desarrollo del modelo, se diseñó y validó una encuesta técnica. La encuesta se aplicó en el periodo de mayo a octubre de 2013, a 81 productores agrarios de 110 (73,64%) que conforman el Consejo Comunal Canal M7-1 y sembraron durante el ciclo 2012-2013. Los datos correspondientes a la tecnología y otras interrogantes de las encuestas fueron procesados en Excel, seguidamente se estimaron los costos de producción de cada cultivo y finca. Los rendimientos de los cultivos fueron calculados tomando el promedio de todas las fincas. El cálculo de la dotación de agua se obtuvo a partir de la información aportada por los hidrómetros y validada por la medición de los canales.

Los cultivos que sembraron fueron arroz bajo dos tecnologías: barro batido (que es la forma tradicional donde inundan el suelo y realizan un pase de cesta), y la siembra directa y caña de azúcar. Además, se tiene ganadería de leche con pastos cultivados. Para el ciclo de invierno, algunos productores sembraron un segundo ciclo con maíz.

El agua fue usada, además del riego de los cultivos, para controlar malezas por inundación en el arroz, aplicar fertilizantes a través de fertirrigación y pregerminar la semilla. El riego se aplicó por gravedad, lo que permite ahorro en infraestructura de riego y mano de obra, pero causa importantes pérdidas en infiltración y evaporación.

Para el cálculo de la cantidad de agua requerida por los cultivos, se usó el programa CROPWAT versión 8, al cual se cargaron los datos de evapotranspiración del cultivo de referencia obtenidos mediante la ecuación de Hargreaves modificado por Samani (FAO 2006), la cual ha sido ampliamente usada y estudiada en la última década debido a su simplicidad, confiabilidad, mínimos requerimientos climáticos. Esta ecuación utiliza solamente datos de temperatura (Rivano y Jara 2005).

$$ET_0 = 0,0023 \times R_a \times (TD)^{0,5} + (T+17,8)$$

Donde:

$ET_0$ : evapotranspiración del cultivo de referencia en  $mm\ d^{-1}$

$R_a$  : radiación extraterrestre en  $mm\ d^{-1}$

$TD$ : diferencia de temperatura diaria de rango de variación máxima menos la mínima ( $^{\circ}C$ )

$T$ : temperatura media en  $^{\circ}C$

Para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia se utilizaron los datos históricos obtenidos de la estación de Estación agroclimática del Sistema de Riego Cojedes-Sarare. Este dato no se obtiene directamente del programa CROPWAT debido a que las ecuaciones del programa (Penman-Monteith) necesitan una gran cantidad de datos climáticos (radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento), que no se poseen en las estaciones convencionales.

Al programa CROPWAT se le carga la información referente a los cultivos, como: duración de la etapa de crecimiento (inicial, desarrollo, y final en días), coeficiente de cultivo  $K_c$  (Doorenbos y Pruitt 1980), profundidad de raíces, factor de reducción de rendimiento  $K_y$

(Doorenbos y Kassam 1980) y las fechas de siembra de los cultivos. Adicionalmente se cargó información referente al suelo: textura, humedad total utilizable del suelo (HTU), nivel de agotamiento de la humedad, agotamiento inicial de la humedad del suelo, humedad inicial en el suelo y tasa máxima de infiltración de la precipitación en el suelo, se tomó como referencia la clasificación de los suelos realizado por OLMECA-INDER (2010).

Se diseñó un modelo normativo, determinístico y estático, con uso de programación matemática de la realidad, se simularon cambios en la disponibilidad del agua de riego para tener referencias para la toma de decisiones de las políticas que podrían aplicarse. El modelo de programación lineal fue resuelto a través del software GAMS.

Se tomaron datos provenientes de las encuestas aplicadas. No se incluyeron entre los costos a las depreciaciones por ser parcelas pequeñas con infraestructura que pasan su vida útil estimada (fueron dotadas en 1963). Como supuestos se consideró que los productores no tuvieron limitaciones de financiamiento, maquinaria, mano de obra e insumos, el productor vendió todo lo que produjo y las variables siguen el comportamiento lineal. La cantidad de agua de riego fue la aportada por la ESRLM, pues en ese dato ya se incluye la disminución de agua por los cortes o restricción por ubicación de la parcela dentro del canal terciario. Se consideraron sólo los cultivos que fueron sembrados para el momento de la investigación. Las pérdidas de drenaje no fueron incluidas.

### Diseño del modelo

Las fórmulas utilizadas para establecer el plan de cultivo óptimo, fueron las siguientes:

Se utilizaron las variables: cultivos (c), fincas (e), margen bruto (MB<sub>c</sub>).

Variables de decisión: superficie a sembrar por cada finca (X<sub>e,c</sub>), cantidad de agua (A) y margen bruto (MB<sub>c</sub>).

Cálculo del margen bruto (Bs ha<sup>-1</sup>) por cultivo:

$$MB_c = Rdt_c * PC_c - Cost_c$$

Siendo: MB<sub>c</sub> = margen bruto (Bs) por cultivo, Rdt<sub>c</sub> = rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>), PC<sub>c</sub> = precio del producto (Bs kg<sup>-1</sup>), Cost<sub>c</sub> = costo de producción (Bs ha<sup>-1</sup>) por cultivo

### Función objetivo maximizar el margen bruto

Este es el objetivo más usado al establecer un plan de cultivo, pues se busca que el agricultor obtenga mejores resultados económicos con un mayor ingreso y menor costo en la superficie programada de siembra.

La fórmula utilizada fue:

$$Z = \sum_{e=1}^{83} \sum_{c=1}^5 MB_c X_{e,c} - tm3 * \sum_{e=1}^{83} \sum_{c=1}^5 X_{e,c}$$

Siendo: Z = margen bruto total (Bs) de los productores del canal, MB<sub>c</sub> = margen bruto (Bs) por cultivo, X<sub>e,c</sub>: superficie (ha) a sembrar por finca y cultivo, tm3 = tarifa de riego (Bs) por hectárea.

Restricción de superficie: Esta restricción señala que no se puede sembrar más superficie que la disponible por cada finca.

$$\sum_{c=1}^5 X_{e,c} \leq d_{sup_e}$$

Siendo: d<sub>sup<sub>e</sub></sub> = disponibilidad máxima de superficie (ha) por finca

Restricción de agua: En esta restricción se dispone que la superficie a sembrar según las necesidades de agua por cultivo y según la textura del suelo (por la infiltración) tiene que ser menor o igual a la disponibilidad de agua, es la cantidad de agua consumida según las necesidades del cultivo por la superficie a sembrar por finca, no pueden ser mayores a la disponibilidad de agua.

$$\sum_{c=1}^5 X_{e,c} * nag_c * tex_e \leq \sum_{c=1}^5 dag_e * X_{e,c}$$

Donde: nag<sub>c</sub> = cantidad de agua requerida para sembrar (mm ha<sup>-1</sup>) cada cultivo, X<sub>e,c</sub> = superficie a sembrar por finca y cultivo, dag<sub>e</sub> = disponibilidad de agua (mm) por el sistema de riego en lámina

entregada por finca,  $tex_e$  = Índice de retención de agua en el suelo según textura por finca (método que se explica más adelante).

**Función objetivo minimizar el agua necesaria para regar la superficie.**

Se planteó establecer en el modelo, un nuevo objetivo para conocer los resultados del plan de cultivos cuando se minimiza el uso del agua, se utilizó la reducción de las necesidades de agua de modo de demandar una menor cantidad de agua por superficie a fin de producir un ahorro de todo el canal de riego, para producir una buena proporción de superficie con la menor cantidad de agua. Para ello, se cambió la restricción de tierra de mayor o igual a igual, lo que obliga al modelo a incluir la superficie disponible, de otra forma la superficie a producir sería cero para minimizar el agua. El modelo eligió la superficie del cultivo a producir para un consumo de menor cantidad de agua en las condiciones de los suelos existentes en la zona.

Función objetivo minimizar el agua necesaria para regar la superficie por cultivo que elija el modelo:

$$\sum_{e=1}^{83} \sum_{c=1}^5 nag_c X_{e,c} = A$$

A= cantidad de agua total del canal para el grupo de productores

Restricción de tierra

$$\sum_{c=1}^5 X_{e,c} = d\ sup_e$$

$d\ sup_e$  = disponibilidad de superficie (ha) por finca

**Simulación**

Se realizó la simulación con la disminución en 80% de la disponibilidad de agua, si existe limitación en la cantidad de agua ofertada en 20%, ¿qué nuevos resultados generaría el modelo?, bajo la misma hipótesis se corrió de nuevo el modelo con 60 y 40%, tanto para el objetivo de minimización como para maximización del agua, considerando los rendimientos como una función lineal.

Se ejecutó modificando la ecuación de restricción del agua como sigue en el modelo que minimiza el agua, se coloca como ejemplo 80% de la disminución de la disponibilidad:

$$\sum_{c=1}^5 X_{e,c} * nag_c * tex_e \leq \sum_{c=1}^5 dag_e 0,8 * X_{e,c}$$

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De las encuestas aplicadas se tomó la información que se muestra en la Tabla 1.

Para introducir la variable suelo en el modelo se utilizó un índice según la textura del suelo, por ser la característica que interviene en la retención del agua a profundidad de 20 cm e influye directamente en la cantidad de agua disponible para los cultivos. Para realizar el cálculo del índice se tomó como referencia la clasificación de los suelos realizado por OLMECA-INDER (2010), y se contrastó con la textura de 34 muestras de suelo tomadas en fincas encuestada, para aproximar la textura a la clase a la que pertenecen cada una de estas unidades de producción. Así un suelo con textura franco arcillosa retiene el 90% del agua ya que escurre más rápidamente, un suelo franco el 100% pero un suelo franco arenoso el 125%. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 1.** Precio, rendimientos, costos y necesidades de agua por cultivo.

Cultivos	Precio (Bs kg o l)	Rendimiento promedio (kg ha <sup>-1</sup> )	Costos de producción (Bs ha <sup>-1</sup> )	Necesidades de agua (mm ha <sup>-1</sup> )
Arroz barro batido	3,50	6.163,10	9.227,00	1.301,00
Arroz siembra directa	3,50	7.799,10	11.861,00	1.301,00
Caña de Azúcar ciclo anterior	0,15	55.000,00	7.369,00	1.018,00
Maíz	3,96	4.000,00	8.059,00	900,00
Ganadería (pastos)	4,00	7.500,00	15.754,00	1.192,00

Nota: para el caso de la ganadería el beneficio se calculó por los litros de leche vendidos.

Se aprecia que las fincas tienen textura franca en su mayoría, lo que genera ventajas al incorporar otros cultivos, es de hacer notar que existen fincas con diferentes tipos de suelo por efecto de la macro nivelación, que tuvo lugar para aplanar el terreno cuando se configuró el sistema, en estas fincas se consideró el predominante.

En relación a las necesidades de agua cabe destacar, que la técnica del barro batido utiliza más agua que la siembra directa de arroz; sin embargo,

el cultivo usa la misma cantidad de agua. Se realizó la prueba de colocar un indicador de aumento en la cantidad de agua, pero el resultado del modelo fue el mismo.

La disponibilidad de agua utilizada fue reportada por los hidrómetros en el ciclo (Tabla 3). Se evidencia que esta cantidad de agua depende de las necesidades de producción por el rubro a sembrar establecido en el contrato de riego, las fincas que aparecen en cero son aquellas que no

**Tabla 2.** Índice de absorción de agua por el suelo por finca según la textura.

Finca	Índice	Finca	Índice	Finca	Índice	Finca	Índice
1I-01	1,25	1I-24	0,9	1I-61	1,25	1J-21	1,25
1I-02	1,25	1I-25	0,9	1I-62	1,25	1J-22	1,25
1I-03	1,25	1I-29	0,9	1J-01	0,9	1J-23	1,25
1I-04	1,25	1I-31	0,9	1J-02	0,9	1J-24	1,25
1I-06	1,25	1I-33	0,9	1J-03	0,9	1J-25	1,25
1I-08	1,25	1I-34	0,9	1J-04	1	1J-26	1,25
1I-09	1,25	1I-36	0,9	1J-05	1	1J-27	1,25
1I-10	1,25	1I-39	0,9	1J-07	1	1J-28	1,25
1I-11	1,25	1I-42	1,25	1J-08	1	1J-31	1,25
1I-12	1,25	1I-43	1,25	1J-09	1,25	1J-32	1,25
1I-13	1,25	1I-46	1,25	1J-10	0,9	1J-33	1,25
1I-15	0,9	1I-48	1,25	1J-11	0,9	1J-34	1,25
1I-16	0,9	1I-52	0,9	1J-12	1	1J-37	1,25
1I-17	0,9	1I-53	0,9	1J-13	1	1J-38	1,25
1I-18	0,9	1I-54	0,9	1J-14	1	1J-39	1,25
1I-19	0,9	1I-55	0,9	1J-16	1	1J-40	1,25
1I-20	0,9	1I-57	0,9	1J-17	1	1J-41	1,25
1I-21	0,9	1I-58	1,25	1J-18	1	1K-02	1,25
1I-22	0,9	1I-59	1,25	1J-19	1	1K-03	1,25
1I-23	0,9	1I-60	1,25	1J-20	1,25	1K-04 y 05	1,25

**Tabla 3.** Disponibilidad de agua por el sistema de riego en lámina entregada por finca por ciclo.

Finca	Dag (mm)	Finca	Dag (mm)	Finca	Dag (mm)	Finca	Dag (mm)
1I-01	1300	1I-24	2420	1I-61	2130	1J-21	2660
1I-02	2570	1I-25	2520	1I-62	1980	1J-22	2300
1I-03	2090	1I-29	0	1J-01	2420	1J-23	310
1I-04	2250	1I-31	0	1J-02	2420	1J-24	2420
1I-06	0	1I-33	1680	1J-03	900	1J-25	2540
1I-08	2400	1I-34	1680	1J-04	1850	1J-26	2470
1I-09	0	1I-36	0	1J-05	1010	1J-27	2590
1I-10	0	1I-39	790	1J-07	1750	1J-28	2590
1I-11	0	1I-42	0	1J-08	3390	1J-31	1730
1I-12	2700	1I-43	3040	1J-09	2720	1J-32	2380
1I-13	0	1I-46	2250	1J-10	2180	1J-33	780
1I-15	3630	1I-48	1420	1J-11	2180	1J-34	2470
1I-16	2420	1I-52	1650	1J-12	2300	1J-37	00
1I-17	2720	1I-53	1910	1J-13	2060	1J-38	2420
1I-18	2420	1I-54	1910	1J-14	1840	1J-39	2320
1I-19	2420	1I-55	1910	1J-16	2690	1J-40	390
1I-20	2300	1I-57	1310	1J-17	560	1J-41	320
1I-21	2180	1I-58	0	1J-18	2160	1K-02	2380
1I-22	2300	1I-59	1450	1J-19	2590	1K-03	2380
1I-23	0	1I-60	1980	1J-20	2180	1K-04 y 05	2070

Dag = disponibilidad de agua por el sistema de riego en lámina entregada

solicitaron riego o no pudieron sembrar. La tarifa de agua correspondió a 50 Bs ha<sup>-1</sup> en el ciclo analizado.

### Resultados del modelo

Cuando el modelo se corre con el objetivo de maximizar el margen bruto total, para toda la superficie irrigada por el canal de riego M7-1, con restricción de superficie a sembrar menor o igual a la disponible en cada finca y la restricción de cantidad de agua por finca, establecida según las necesidades del cultivo por la superficie a sembrar, los resultados obtenidos por el modelo se muestran en la Tabla 4.

El modelo eligió el arroz en siembra directa en la mayoría de las fincas, pues alcanza mayor margen bruto, seguido por la ganadería, y en los casos de la limitación de agua se seleccionó maíz. Cinco parcelas siembran más de un cultivo (maíz y pastos).

Cuando se minimiza el agua, el plan de cultivo se modifica por completo, en la Tabla 5 se aprecia la elección del modelo por cultivo de maíz y dejó el arroz en siembra directa sólo en 9 fincas.

Una disminución de agua reduce las ganancias de los agricultores. En la Figura 2 se aprecia la ubicación de las fincas por cultivo, que es muy importante para la planificación de las siembras según los resultados del modelo.

En la Tabla 6 se evidencia una reducción del margen bruto en 51,9 % cuando se minimiza el agua con respecto a la maximización del margen bruto, con los cultivos evaluados. La cantidad de agua real es superior a la de maximización del margen bruto; por tanto ese plan de cultivo propuesto es más eficiente con menos superficie a sembrar, el margen bruto total y la productividad del agua (margen bruto/cantidad de agua) son mayores. Por otra parte, cuando se minimiza el

**Tabla 4.** Resultados del modelo por finca en la elección del cultivo, superficie y margen bruto, al tener como función objetivo maximizar margen bruto.

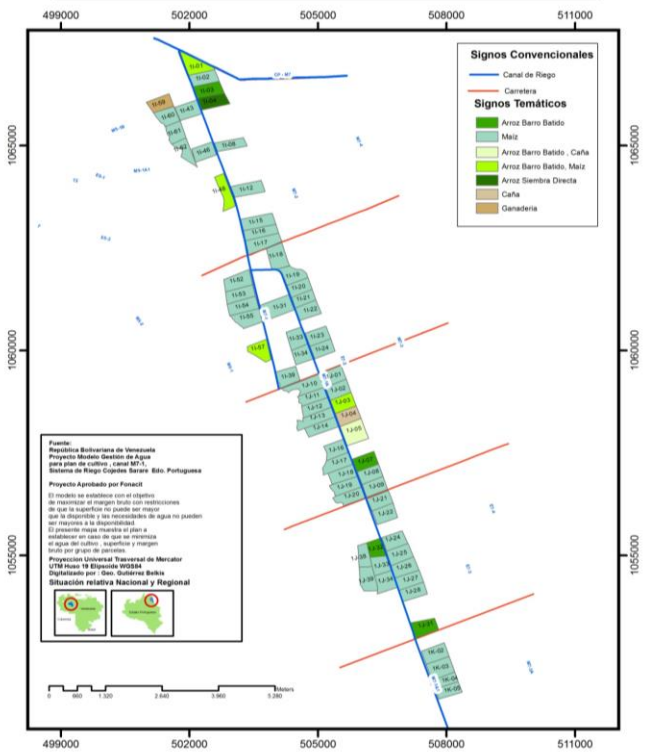
Finca	Maximizar Margen Bruto (MB)			Finca	Maximizar Margen Bruto (MB)		
	Cultivo	Superficie (ha)	MB (Bs)		Cultivo	Superficie (ha)	MB (Bs)
1I-01	Maíz	10,93	85061,89	1J-01	Arroz SD	18,00	277845,30
	Ganadería	10,07	143428,72	1J-02	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-02	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-03	Maíz	9,86	76744,00
1I-03	Arroz SD	15,00	231537,75		Ganadería	5,14	73181,70
1I-04	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-04	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-08	Arroz SD	15,00	231537,75		Maíz	9,97	77599,913
1I-12	Arroz SD	18,00	277845,30	1J-05	Ganadería	6,03	85860,64
1I-15	Arroz SD	20,00	308717,00	1J-07	Arroz SD	17,00	262409,45
1I-16	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-08	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-17	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-09	Arroz SD	18,00	277845,30
1I-18	Arroz SD	18,00	277845,30	1J-10	Arroz SD	28,00	432203,80
1I-19	Arroz SD	19,00	293281,15	1J-11	Arroz SD	18,00	277845,30
1I-20	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-12	Arroz SD	18,00	277845,30
1I-21	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-13	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-22	Arroz SD	18,00	277845,30	1J-14	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-24	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-16	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-25	Arroz SD	18,00	277845,30	1J-18	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-33	Arroz SD	18,00	277845,30	1J-19	Arroz SD	14,00	216101,90
1I-34	Arroz SD	16,00	246973,60	1J-20	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-43	Arroz SD	20,27	312884,68	1J-21	Arroz SD	17,00	262409,45
1I-46	Arroz SD	18,00	277845,30	1J-22	Arroz SD	17,00	262409,45
	Maíz	4,60	35815,94	1J-24	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-48	Ganadería	19,40	276329,66	1J-25	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-52	Arroz SD	17,00	262409,45	1J-26	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-53	Arroz SD	26,00	401332,10	1J-27	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-54	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-28	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-55	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-31	Arroz SD	17,00	262409,45
1I-57	Arroz SD	37,00	571126,45	1J-32	Arroz SD	15,00	231537,75
	Maíz	1,86	14496,00	1J-34	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-59	Ganadería	15,14	215641,70	1J-38	Arroz SD	14,00	216101,90
1I-60	Arroz SD	15,00	231537,75	1J-39	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-61	Arroz SD	15,00	231537,75	1K-03	Arroz SD	15,00	231537,75
1I-62	Arroz SD	20,00	308717,00	1K-04	Arroz SD	15,00	231537,75
1K-02	Arroz SD	15,00	231537,75	1K-05	Arroz SD	15,00	231537,75

SD= siembra directa



**Tabla 5.** Resultados del modelo al minimizar el agua del cultivo, la superficie y el margen bruto por finca.

Finca	MINIMIZAR AGUA		Finca	MINIMIZAR AGUA			
	Cultivo	Superficie (ha)		Margen Bruto (Bs)	Cultivo	Superficie (ha)	Margen Bruto (Bs)
1I-01	Arroz SD	2,4	65.268	1J-01	Maíz	14	108.230,00
	Maíz	4,6		1J-02	Maíz	14	108.230,00
1I-02	Maíz	13,5	104.370,00	1J-03	ArrozSD-maíz	2-6	70.950,94
1I-03	Arroz SD	12	147.530,00	1J-04	Azúcar	10	462.810,00
1I-04	Maíz	14	108.230,00	1J-05	ArrozSD-azúcar	2,8-7,3	89826,55
1I-08	Maíz	13	100.500,00	1J-07	ArrozSD	12	184.630,00
1I-12	Maíz	15	115.970,00	1J-08	Maíz	20	115.970,00
1I-15	Maíz	20	154.620,00	1J-09	Maíz	15	108.230,00
1I-16	Maíz	14	108.230,00	1J-10	Maíz	14	108.230,00
1I-17	Maíz	15	115.970,00	1J-11	Maíz	14	108.230,00
1I-18	Maíz	14	108.230,00	1J-12	Maíz	14	108.230,00
1I-19	Maíz	14	108.230,00	1J-13	Maíz	14	108.230,00
1I-20	Maíz	13	100.500,00	1J-14	Maíz	14	108.230,00
1I-21	Maíz	14	108.230,00	1J-16	Maíz	13	100.500,00
1I-22	Maíz	14	108.230,00	1J-17	Maíz	9,24	6203,02
1I-24	Maíz	14	108.230,00	1J-18	Maíz	13	100.500,00
1I-25	Maíz	13	100.500,00	1J-19	Maíz	15	115.970,00
1I-31	Maíz	22	170.080,00	1J-20	Maíz	15	115.970,00
1I-33	Maíz	15	115.970,00	1J-21	Maíz	14	108.230,00
1I-34	Maíz	15	115.970,00	1J-22	Maíz	14	108.230,00
1I-39	Maíz	6	44.869,00	1J-24	Maíz	14	108.230,00
1I-43	Maíz	16	123.700,00	1J-25	Maíz	14	108.230,00
1I-46	Maíz	14	108.230,00	1J-26	Maíz	14	108.230,00
1I-48	Arroz SD	5,3	93747,313	1J-27	Maíz	14	108.230,00
	Maíz	3,7		1J-28	Maíz	14	108.230,00
1I-52	Maíz	13	100.500,00	1J-31	Arroz SD	10	153.860,00
1I-53	Maíz	14	108.230,00	1J-32	Arroz SD	12	147.530,00
1I-54	Maíz	14	108.230,00	1J-33	Maíz	10	77.310,00
1I-55	Maíz	14	108.230,00	1J-34	Maíz	14	108.230,00
1I-57	Arroz SD	5	61469,25	1J-38	Maíz	14	108.230,00
	Maíz	10	152.680,00	1J-39	Maíz	14	108.230,00
1I-59	Ganadería	9		1K-02	Maíz	15	115.970,00
1I-60	Maíz	13	100.500,00	1K-03	Maíz	15	115.970,00
1I-61	Maíz	14	108.230,00	1K-04	Maíz	15	115.970,00
1I-62	Maíz	13	100.500,00	1K-05	Maíz	15	115.970,00



**Figura 2.** Mapas de resultado de cultivos a sembrar cuando se minimiza el agua.

agua, el ahorro es significativo (45,61%); pero los productores dejan de percibir 51,9% del margen bruto.

### Resultados de la simulación

Con la simulación se pretende conocer el plan de cultivo óptimo, superficie, cantidad de agua y margen bruto ante la disminución de 20; 40 y 60% del agua disponible a través del sistema de riego.

Cuando se minimiza el agua, según la Tabla 7, se observa una reducción en la superficie, la cantidad de agua y en el margen bruto. El cultivo que mayormente se elige es el maíz, seguido por el arroz en barro batido y con escasa superficie de caña de azúcar, el número de parcelas a sembrar disminuye. Esto es similar a lo informado por Baldayo y Bolívar (2001), quien señaló que un ahorro de agua implicaría la potencialidad de aumentar el área de cultivo en aproximadamente algo más de 18% en caña de azúcar, hortalizas o tabaco.

**Tabla 6.** Comparación de los modelos cuando maximiza margen bruto y minimiza agua.

Datos	Real (según encuesta)	Maximiza MB	Minimiza Agua
Superficie a sembrar (ha)	1.102,90	1.067,30	892,50
Cantidad de agua (m <sup>3</sup> )	1.527.215,00	1.367.509,00	830.652,00
Margen Bruto del Total encuestados (Bs)	14.423.126,40	16.069.000,00	7.729.114,90
Margen bruto/cantidad de agua	9,44	11,75	9,31
% variación del MB con respecto Max MB			-51,90
% variación cantidad de agua con respecto a la real		-10,46	-45,61

**Tabla 7.** Resultados de la simulación cuando minimiza la cantidad de agua.

Variables	80% disponibilidad de agua	60% disponibilidad de agua	40% disponibilidad de agua
Superficie a sembrar (ha)	892,50	892,50	857,50
Cantidad de agua (m <sup>3</sup> )	81.923,70	79.516,10	76.392,30
Margen Bruto Total del Canal (Bs)	7.894.870,50	7.227.733,00	6.549.499,20
Superficie Maíz (ha)	830,50	864,91	857,50
Superficie Arroz barro batido (ha)	42,75	7,59	
Superficie Caña de azúcar (ha)	19,25	10,00	
Número de parcelas que sembrarían	70,00	66,00	63,00

## Validación del modelo

La validación fue realizada con dos técnicos de la ESRLM, dos expertos y un productor, estuvieron de acuerdo en 100% con la importancia del modelo por lo que mostraron interés en la información aportada, señalaron que el modelo puede contribuir a formular políticas sobre uso de agua en el sistema, que aplicando las recomendaciones del modelo se puede ahorrar agua. El 80% cree que los productores no aceptarían cambiar su plan de cultivo actual por otro más eficiente, propusieron introducir al modelo variables como la nivelación y fertilización, lo cultural y social.

Si bien no es fácil introducir cambio en el patrón de cultivos, pueden promoverse campañas de concientización en el uso del agua y promover su uso racional, explicar las ventajas de la aplicación de las recomendaciones del modelo en el mediano y largo plazo para la conservación del agua del embalse, en busca de la sostenibilidad del sistema de riego.

## CONCLUSIONES

El modelo de programación lineal con base en restricciones de agua es útil para planificación de los cultivos en el sistema de riego Las Majaguas, cuando se pretende ahorrar agua.

Si se coloca como objetivo maximizar el margen bruto del productor, el modelo eligió el cultivo del arroz con siembra directa. Si el objetivo fue la minimización del agua de riego se propuso sembrar el cultivo de maíz. Con la aplicación de este modelo de programación se puede optimizar la cantidad de agua para obtener un mayor margen bruto en el cultivo seleccionado.

El modelo de optimización planteado permitió estimar la superficie regable y el patrón de cultivos óptimo para diferente disponibilidad de agua.

## RECOMENDACIONES

- Tratar de introducir al modelo nuevos cultivos ahorradores de agua como el ajonjolí, girasol y soya.
- Reforzar y actualizar el modelo anualmente para tener información que permita tomar decisiones.

## AGRADECIMIENTO

Al FONACIT por el financiamiento de este proyecto “Modelo de gestión de agua para el plan de cultivos del canal m7-1, del sistema de riego Cojedes-Sarare, estado Portuguesa” y al CDCHT de la UCLA por su apoyo logístico.

## REFERENCIAS

- Baldayo, I. y Bolívar, R. 2001. Eficiencia de operación del Sistema de Riego Cojedes Sarare. Portuguesa. Informe Técnico. Ministerio del Ambiente. San Rafael de Onoto. Estado Portuguesa.
- Calatrava, J. y Martínez-Granados, D. 2012. El valor del uso de agua en el regadío de la cuenca Segura y en zonas regables de transvase Tajo-Segura. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 12(1):5-32.
- Cañas J., López, M. y Gómez-Limón, J. 2000. Obtención de la curva de demanda de agua de riego generada por una hipotética política de tarifas sobre el agua. *Estudios Agrosociales y Pesqueros* 188: 67-92.
- Delgado, A., García, Y., Gutiérrez, B. y Torrealba, J. 2015. Plan de acción para la gestión de agua en el canal M7-1 del Sistema de Riego Cojedes-Sarare, estado Portuguesa. *Revista CICAG*. 13(1)82-112.
- Doorenbos, J. y Kassam, A. H. 1980. Efectos del agua sobre el rendimiento en los cultivos. *Estudios de riego y drenaje*. FAO. Boletín 33. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 212 p.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W. O. 1980. Necesidades de agua de los cultivos. *Estudios de riego y drenaje*. FAO. Boletín 24. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 194 p.
- FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos. Roma. Italia. 332 p.
- González, I. y Salazar, D. 2005. Situación actual del Embalse Las Majaguas, Incorporación del Embalse las Palmas. Estado Portuguesa. Trabajo Especial de Grado. UCV. 216 p.
- Instituto Nacional Desarrollo Rural (INDER) y Ministerio Poder Popular para la Agricultura y Tierras. (MPPAT) 2013. Informe de Gestión 2012. San Rafael de Onoto. Portuguesa. 8 pag.
- Jiménez, J., Berbel, J. y Torrico, M. 2001. Análisis de la Toma de Decisiones de los Agricultores ante Cambios en el Precio del Agua. Modelos de Decisión Multicriterio. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 190:65-99.
- Martínez, Y. y Gómez-Limón, J. 2004. Simulación multicriterio de mercados de agua de regadío: el caso de la cuenca del Duero. *Estudios Agrosociales y Pesqueros* 202:101-134.
- OLMECA-INDER. 2010. Estudio para la consolidación del Sistema de Riego Majaguas, municipio San Rafael de Onoto, Edo. Portuguesa. Venezuela. 681 p.
- Pujol, J. 2002. Un análisis multicriterio del impacto del nuevo marco normativo del agua en los regadíos de la zona regable del bajo Ter y del Muga (Girona). Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. España. 290 p.
- Riesgo, L. y Gómez-Limón, J. 2005. Análisis de escenarios de políticas para la gestión pública de la agricultura de regadío. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 5(9):81-114.
- Rivano, F. y Jara, J. (2005). Estimación de la evapotranspiración de referencia en la localidad de Remehue-Osorno, X región. *Agro sur* 33(2):49-61.
- Villavicencio, A., Arumi, J. y Holzapfel, E. 2011. Planificación de los recursos hídricos en zonas de secano usando un modelo de optimización no lineal. *Obras y Proyectos* 10: 73-80.

## EXTRACTOS DE *Allium sativum* y *Origanum vulgare* COMO REDUCTORES DE *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, CAUSALES DE MASTITIS SUBCLÍNICA\*

Extracts of *Allium sativum* and *Origanum vulgare* as reducers of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, causes of mastitis subclinical

Fátima Arteaga<sup>1</sup>, Ernesto Hurtado<sup>2</sup> y Hugo Dueñas<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con fines de mejorar el estado sanitario de la glándula mamaria en vacas mestizas afectadas con mastitis subclínica, se evaluaron los extractos comerciales de oleo resina de ajo, *Allium sativum* (A) y oleo resina orégano, *Oreganum vulgare* (O) administrados de manera intramamaria. Antes de su aplicación los extractos se diluyeron en glicerol en relación 1:10. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, cada cuarto de la glándula mamaria constituyó una repetición. Los tratamientos fueron: T1= 3 mL A + 1 mL O; T2= 3 mL O + 1 mL A; T3= 6 mL A + 1 mL O; T4= 6 mL O + 1 mL A, administrados con una cánula y jeringa intramamaria en cada cuarto. Se midió la concentración de bacterias de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, antes y después de la aplicación de los extractos. Los resultados obtenidos muestran que T3 redujo ( $P \leq 0,05$ ) la concentración bacteriana para *Staphylococcus aureus* de 11,61 a 9,49 UFC mL<sup>-1</sup>; mientras que T4 redujo ( $P \leq 0,05$ ) de 15,11 a 14,18 UFC mL<sup>-1</sup> de *Escherichia coli*. Se concluye que hubo efecto reductor de los extractos utilizados contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

**Palabras clave:** orégano, ajo, glándula mamaria, mastitis, bacterias.

### ABSTRACT

For the purpose of improving the mammary gland health status in crossbred cows affected with subclinical mastitis, commercial extracts oleo resin garlic, *Allium sativum* (A) and oil oregano resin, *Oreganum vulgare* (O) administered intramammary way were evaluated. Before application extracts were diluted 1:10 in glycerol. The experiment was conducted under a completely randomized design with four replications, each quarter of the mammary gland was a repetition. The experiment was conducted under a completely randomized design with four replications, each quarter of the mammary gland was a repetition. The treatments were: T1 = 3 mL A + 1 mL O; T2 = 3 mL O + 1 mL A; T3 = 6 mL A + 1 mL O; T4 = 6 mL O + 1 mL A, administered with intramammary cannula and syringe into each quarter. The concentration of bacteria of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* was measured before and after application of the extracts. The results show that T3 reduced ( $P \leq 0.05$ ) for *Staphylococcus aureus* bacterial concentration of 11.61 to 9.49 UFC mL<sup>-1</sup>, while T4 decreased ( $P \leq 0.05$ ) from 15.11 to 14.18 UFC mL<sup>-1</sup> *Escherichia coli*. It was concluded that there was reducer effect of extracts used against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.

**Key words:** Oregano, garlic, mammary gland, mastitis, bacteria.

(\*) Recibido: 23-11-2015

Aceptado: 30-06-2016

<sup>1</sup> Área Agropecuaria, Carrera Pecuaria, Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. huceduna29@hotmail.com.

<sup>2</sup> Programa Prometeo-Senescyt, Ecuador. ernestohurta@gmail.com.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la búsqueda de nuevos principios antimicrobianos que actúen en el control de microorganismos patógenos de manera bacteriostática o bactericida, en los principales microorganismos causantes de enfermedades, tanto en el hombre como en animales, es creciente. Existen algunos productos naturales que pueden ser tan eficientes, que han demostrado actividad antimicrobiana (Márquez *et al.* 2009), mientras que los producidos por síntesis química, además de su alto costo, causan daños al ambiente y a la salud pública (Bastos *et al.* 2011).

El ajo contiene por lo menos 33 compuestos azufrados, varias enzimas, 17 aminoácidos y algunos minerales que contribuyen a su actividad antimicrobiana. De todas las especies de *Allium*, el ajo es el que contiene la mayor concentración de compuestos azufrados, lo que le confiere actividad antimicrobiana potente (Bender y Bárcenas 2013). Uno de estos azufrados es la alicina que inhibe a más de 300 bacterias, tanto Gram-positivas como Gram-negativas, tales como *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus polymyxa*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Kumar y Jain 2010).

La importancia de la planta de orégano se refleja en el alto valor agregado que adquiere su aceite esencial por sus componentes químicos, como el Timol (67,51%) que le otorga múltiples propiedades antioxidantes, microbiológicas y conservantes de alimentos (Acevedo *et al.* 2013).

Armenteros *et al.* (2004) informaron que el uso indiscriminado de antibióticos ha dado lugar a la presencia de microorganismos menos susceptibles a su efecto antibacteriano, por lo que es una necesidad imperiosa la búsqueda de compuestos, que por su contenido de antimicrobianos y antioxidantes permitan un tratamiento efectivo de la mastitis.

La evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos de ajo y orégano frente a una patología de alta prevalencia, busca reducir el uso de antibióticos en el tratamiento de mastitis subclínica, y de esa manera obtener un producto de

calidad e inocuidad para el consumidor (Hanafi *et al.* 2010).

El objetivo planteado en la presente investigación fue evaluar los extractos de ajo (*Allium sativum*) y orégano (*Origanum vulgare*) administrados de manera intramamaria como inhibitorio de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, causales de la mastitis subclínica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cuatro vacas mestizas criollas, en fase de lactancia tardía (200 a 300 días), en condiciones similares de ambiente y manejo; con patología de mastitis subclínica, la cual fue detectada mediante pH de la leche, la prueba California Mastitis Test (CMT) y concentración de bacterias de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

### Recolección y evaluación de las muestras

Antes de la toma de las muestras, se rechazaron los primeros dos o tres chorros de leche, luego se frotó cada pezón por unos segundos con algodón impregnado de alcohol al 70%. Finalmente la leche se recolectó de cada cuarto en recipientes estériles. Las muestras se procesaron en el laboratorio de microbiología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Para evaluar la condición de las glándulas mamarias se determinó en las muestras de leche pH, prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba CMT y calificación de la prueba de CMT.

El proceso de identificación de las bacterias antes y después de la aplicación de los extractos en el caso de *Staphylococcus aureus*, consistió en purificar la bacteria en el medio de cultivo específico Agar Manithol Salt. Además, se realizó la prueba de la catalasa con la finalidad de confirmar *Staphylococcus*; para esto, a la colonia purificada que estaba en la caja Petri, se le agregó una pequeña cantidad de peróxido de hidrógeno al 3% y se observó la formación inmediata de burbujas (catalasa positiva) (MacFaddin 2003). Mientras que para la identificación de *Escherichia coli*, se realizó una suspensión en 5 ml de solución salina (1% de NaCl) de una colonia aislada del

microorganismo, a la cual se le aplicó el sistema de multipruebas (API 20E), cuya técnica consta 21 test bioquímicos estandarizados y miniaturizados y una base de datos. Cada tira de API 20E contiene 20 microtubos o pocillos con distintos sustratos deshidratados (BioMérieux 2010). La lectura de los resultados se realizó por comparación de los colores de cada pocillo con los de las tablas de lectura.

En el aislamiento de *Staphylococcus aureus*, se empleó Agar Mannitol Salt Phenol. En su preparación se colocaron 108 g en 1000 ml de agua destilada, se utilizó el método de dilución múltiple 1:10000, la siembra se realizó colocando 1 mL de la dilución ( $10^4$ ) en las cajas de Petri, posteriormente se incubaron en una estufa por 72 horas a 37 °C. Mientras que para la *Escherichia coli* se empleó 50 g Agar Mc Conkey en 1000 ml de agua destilada, el método de dilución múltiple 1:1000000 fue utilizado, con la siembra de 1 mL de la dilución ( $10^6$ ) en las cajas de Petri (Harrigan y McCance 2014), estas fueron incubadas por 24 horas a 37 °C.

La concentración microbiana se determinó a través del número de colonias bacterianas contenidas en cada una de las cajas de Petri, usando el contador de colonias (marca Senna, modelo: SC6). Los datos se expresaron de la siguiente manera: N de unidades formadoras de colonias (UFC), multiplicadas por 10x, donde x representa la respectiva dilución, según la norma INEN 1529-14.

Mientras que para las cajas de Petri que no presentaron crecimiento bacteriano, los resultados se expresaron como recuento estimado de bacterias (<) 1,0 multiplicado por el respectivo factor de dilución, según la norma INEN 1529-7.

### Obtención de los extractos

Los extractos de *Allium sativum* y *Oreganum vulgare* fueron obtenidos de manera comercial (oleo resina de ajo y oleo resina de orégano), fabricados por la empresa "ACAY" y originarios de la India. Las concentraciones de los extractos según Tecnaal son las siguientes: aceite volátil de orégano con 20% y oleo resina de ajo con 0,28%. Los extractos se diluyeron en proporción 1: 10 en

glicerol que es un conservante, y se mezcló uniformemente.

### Aplicación y descripción de los tratamientos

Con la ayuda de una cánula intramamaria de Instrumental Laura, calibre 12 por 3 pulgadas y una jeringa, se aplicaron en una ocasión los extractos en cada cuarto infectado, por un lapso de tres días consecutivos, según las concentraciones que se describen:

**T1**, consistió en una solución de 3 mL de oleo resina de ajo + 1 mL oleo resina de orégano (A3+O1). **T2**, 3mL de oleo resina de orégano + 1 mL oleo resina de ajo (O3+A1). **T3**, 6 mL de oleo resina de ajo + 1 mL oleo resina de orégano (A6+O1). **T4**, 6 mL de oleo resina de orégano + 1 mL oleo resina de ajo (O6+A1).

Finalmente, al cuarto día las muestras de leche tomadas de cada cuarto fueron trasladadas al laboratorio y sometidas a las pruebas referidas, para la identificación, aislamiento y concentración de los microorganismos.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados a través de comparación de promedios entre la cantidad de bacterias antes y después de la aplicación de los extractos a través de prueba de T para muestras pareadas o relacionadas, utilizando el software InfoStat versión 2010, del Grupo InfoStat FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuatro cuartos mamarios en estudio presentaron mastitis subclínica, de acuerdo con la prueba de CMT (Tabla 1). El pH fue 6,72 en todos los casos. Estos resultados coinciden con los reportados por Carrión (2008) quien informó que un pH entre 6,6 y 6,8 de la leche es condición de algún grado de mastitis. Así mismo, Alviar (2002) manifestó que el pH de la leche está comprendido entre 6,5 y 6,6. Por otro lado, valores de pH 6,7 a 7,5 son medidos en leches mastíticas debido a un aumento de la permeabilidad de las membranas de la glándula mamaria que origina una mayor

concentración de iones Na y Cl y una reducción del contenido de lactosa y de P inorgánico soluble (Alais y Godina 1985). Lo planteado por la literatura y los resultados obtenidos permiten inferir que el pH promedio de 6,7 es un indicador de presencia de mastitis.

**Tabla 1.** Prueba de CMT aplicadas en los cuartos mamarios de las vacas

CUARTOS MAMARIOS	UNIDAD BOVINA			
	6733	186	124	792
C.A.I.	++	++	++	++
C.A.D	++	++	++	++
C.P.I	++	++	++	++
C.P.D	++	++	++	++

**C.A.I.** Cuarto anterior izquierdo  
**C.A.D.** Cuarto anterior derecho  
**C.P.I.** Cuarto posterior izquierdo  
**C.P.D.** Cuarto posterior derecho

Límites de calificación de la prueba de CMT: Coágulos definidos (+); Formación de una masa definida (++); Formación de una masa fuerte (+++)

En la Tabla 2 se presenta el efecto de la aplicación de los extractos sobre el número de UFC de *Staphylococcus aureus* en cuartos mamarios de vacas. Se observó que solamente la solución A6+O1 causó diferencias entre la cantidad de UFC encontrada antes y después de la aplicación de los tratamientos. Esto demuestra que aplicación de la solución con mayor concentración de ajo y baja en orégano ocasiona más eficiencia en la reducción de esta bacteria.

**Tabla 2.** Efecto de la aplicación de los extractos sobre el número de UFC de *Staphylococcus aureus* en leche de vacas.

Tratamientos	Promedios y error estándar (UFC mL <sup>-1</sup> )		
	Antes	Después	Valor de P
A3+O1	10,45±0,32	9,81±0,44	0,085 <sup>ns</sup>
O3+A1	10,9 ±0,45	9,91±0,64	0,097 <sup>ns</sup>
A6+O1	11,61±0,61	10,19±0,86	0,002*
O6+A1	10,59±0,75	9,71±0,23	0,098 <sup>ns</sup>

\*significativo al 5%  
 Ns: No significativo

Moscoso (2011) señaló que la aplicación del ajo en concentración alta disminuye la carga microbiana en la leche de una manera más eficiente. Así mismo, García y Herrera (2007) mencionaron que el ajo también posee efecto bactericida frente a bacterias Gram (+), lo cual coincide con los resultados encontrados. Mientras que Bastos *et al.* (2011) demostraron que el orégano también posee efecto inhibitorio frente a bacterias Gram (+) como *Staphylococcus aureus* en leche de vacas.

El efecto de la aplicación de los extractos bajo estudio sobre el número de UFC de *Escherichia coli* resultó significativo (Tabla 3) para el T4; mientras que los otros tratamientos no presentaron diferencias. Esto demuestra que la aplicación de O6+A1 mL fue el más eficiente en la disminución de *Escherichia coli*, posiblemente el contenido de fenol, carvanol y timol en el orégano causó reducción en la presencia de la bacteria.

**Tabla 3.** Efecto de la aplicación los extractos sobre el número de UFC de *Escherichia coli* en leche de vacas.

Tratamientos	Promedio y error estándar (UFC mL <sup>-1</sup> )		
	Antes	Después	Valor de P
A3+O1	15,66±0,79	14,58±0,58	0,056 <sup>ns</sup>
O3+A1	15,36±0,33	13,81±0,45	0,06 <sup>ns</sup>
A6+O1	16,65±0,67	14,50±0,88	0,059 <sup>ns</sup>
O6+A1	15,11±0,66	11,18±0,91	0,003*

\*significativo al 5%  
 Ns: No significativo

Estos resultados son similares a los encontrados por Rodríguez (2011), quien informó que el orégano por su composición química posee los niveles más altos de actividad bacteriana frente a microorganismos Gram (-) como *Escherichia coli*. Sin embargo, los resultados del presente trabajo difieren de los obtenidos por Lachowicz *et al.* (1998), quienes no encontraron acción específica de los extractos entre las cepas Gram (-) y Gram (+).

## CONCLUSIÓN

Los extractos de *Allium sativum* y *Origanum vulgare* en combinación asociativa presentaron un efecto reductor en la concentración de las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, por lo que su uso es una alternativa factible para el control de la mastitis subclínica.

## REFERENCIAS

- Acevedo, D., Navarro, M. y Monroy, L. 2013. Composición Química del aceite esencial de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). Información tecnológica 24(4): 43-48.
- Alais, C. y Godina, A. 1985. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. Reverté. S. A. Reimpresión 2003. Barcelona. 873 p.

- Alviar, J. 2002. Manual de Agropecuario de Técnicas orgánicas de la granja integral auto-suficiente. Editorial Limerin. Bogotá-Colombia. pp 83-102.
- Armenteros, M., Monte de Oca, N. y Ginorio, C. 2004. Estudio de la actividad antimicrobiana in vitro y en un modelo "ex vivo" de un extracto acuoso obtenido de la corteza de *Rhizophora mangle* L. frente a los principales patógenos productores de la mastitis bovina. [Revista en línea]. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080804.html>. [febrero de 2016].
- Bastos, M., Dame, L., Sousa, L., Almeida, D., Alves, M. y Braga, J. 2011. Actividad antimicrobiana de aceite esencial de *Origanum vulgare* L. ante bacterias aisladas en leche de bovino. Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Cubana de Plantas Medicinales 16(3):260 – 266.
- Bender, D. y Bárcenas, M. 2013. El ajo y sus aplicaciones en la conservación de alimentos. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 7 – 1: 25 – 36.
- BioMérieux. 2010. Sistemas Miniaturizados API. [Manual en línea]. En: [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_farmacia/catedraMicro/10\\_anexo2.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/10_anexo2.pdf). [febrero del 2016].
- Carrión, A. 2008. Influencia de los diferentes grados de mastitis sobre el porcentaje de materia grasa, densidad, acidez, ph y reductasa de leche receptada en lácteos San Antonio. Tesis en Ingeniería de Industrias Pecuarias. EPOCH. Chimborazo-Riobamba, EC. p 48.
- García, R. y Herrera, A. 2007. Evaluación de la inhibición del crecimiento de cinco cepas bacterianas patógenas por extracto acuoso de *Allium sativum*, *Allium fistulosum* y *Allium cepa*: estudio preliminar in vitro. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas 5: 68 – 79.
- Hanafi, E., Danial, E. and El Razik, K. 2010. *Origanum vulgare* could be a novel antimycotic agent for treatment of mycotic mastitis in goat. International Journal of Academic Research 2 (4): 307- 313.
- Harrigan, W. and McCance, M. 2014. Laboratory methods in microbiology. Academic Press. Londres. 343 p.
- Kumar, R. and Jain, P. 2010. Antimicrobial activity of *Allium sativum* ethanolic extract against food associated bacteria and fungi. Drug Invention Today 2(4): 229-232.
- Lachowicz, K., Jones, G., Briggs, D., Bienvenu, F., Wan, J., Wilcock, A. and Coventry, M. 1998. The synergistic preservative effects of the essential oils of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) against acid-tolerant food microflora. Letters in Applied Microbiology 26(3): 209-214.
- MacFaddin, J. 2003. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. 851p.
- Márquez, D., Galeano, E. y Martínez, A. 2009. Productos naturales con actividad antimicrobiana. Parte II. Vitae 11(1): 35-41.
- Moscoso, J. 2011. Evaluación de diferentes concentraciones de tintura de ajo como sellador de ubres post ordeño para mejorar la calidad de la leche en cuatro fincas de la parroquia Ingapirca de la Provincia del Cañar. Tesis. Ing. Zootecnista. ESPOCH. Riobamba-Ecuador. 214 p.
- Rodríguez, E. 2011. Uso de agentes microbianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable 7: 153 - 170.



## EFFECTO DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA E INTERVALO ENTRE CORTES SOBRE CONTENIDO DE PROTEÍNA Y FIBRA EN *Brachiaria brizantha* cv. Toledo EN PORTUGUESA\*

Effect of nitrogen fertilization and intervals between cuts on raw protein and fiber content in *Brachiaria brizantha* cv. Toledo in Portuguesa State

Nora Valbuena<sup>1</sup>, Rony Tejos<sup>1</sup> y Yamir Terán<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de fertilización nitrogenada (FN) e intervalo entre cortes (IC) sobre el contenido de la proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en *Brachiaria brizantha* cv. Toledo en dos fincas ubicadas en el estado Portuguesa durante la época de lluvias. Se empleó un diseño en bloques completamente al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela principal fue niveles de FN (0; 30; 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>) y en la subparcela IC (21; 28; 35 y 42 días). Las muestras foliares se cortaron a 15 cm sobre el suelo y se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante. El contenido de PC y FAD (P<0,01) fue superior (P<0,01) en finca La Preferida (11,8 y 35,5%). La FN influyó (P<0,05) en el contenido de PC, FC, FND y FAD. Los valores de PC, FC, FAD y FND fueron afectados (P<0,01) por IC. A los 35 días se obtuvo mayor valor de proteína en el pasto (11,3 %). En la finca Ave María la mayor dosis de N causó efecto significativo; mientras que en La Preferida con 30 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> se encontró efecto (P<0,05) sobre el contenido proteico (12,1 %) en el pasto. Los valores de FC, FND y FAD disminuyeron en ambas fincas con 120 N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 21 días de corte. La fertilización nitrogenada, el intervalo entre cortes y las características físico químicas del suelo, influyeron en el contenido de PC, FC y FAD en *B. brizantha* cv. Toledo.

**Palabras clave:** contenido de proteína cruda, fibra cruda, fibra neutro detergente, *B. brizantha*, Venezuela.

### ABSTRACT

The effect of nitrogen fertilization (FN) and intervals between cuts (IC) on raw protein (CP), raw fiber (CF), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) content in *Brachiaria brizantha* cv. Toledo was evaluated in two farms located in Portuguesa state during the rainy season. A randomized complete block arrangement of treatments in split plots and three replications was used. The main plot with FN levels of (0; 30; 60 and 120 N ha<sup>-1</sup>) and the subplot IC (21; 28; 35 and 42 days). Leaf samples were cut to 15 cm above the ground and dried in an oven at 60 °C to constant weight. The PC and FAD content was higher (P <0.01) in the Preferida farm (11.8 and 35.5%). The FN influenced (P<0.05) PC, FC, NDF and FAD content. The PC, FC, ADF and NDF values were affected (P <0.01) by IC. At 35 days higher values of raw protein was obtained (11.3%) in the grass. At Ave Maria farm the highest dose of N caused significant effect; while in the Preferida with 30 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> effect was found (P<0.05) on the content protein (12.1%) in the grass. The FC, NDF and ADF values decreased in both farms with 120 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and cut 21 days. The nitrogen fertilization, interval between cuts and physical chemical characteristics of the soil, influenced the PC, FC and FAD content in *B. brizantha* cv. Toledo.

**Key words:** crude protein, crude fiber, neutral detergent fiber content, *B. brizantha*, Venezuela.

(\*) Recibido: 05-02-2016

Aceptado: 10-08-2016

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. njvalbuena@hotmail.com; rtejos@gmail.com

<sup>2</sup> Maestría en Manejo de Agua y Suelos. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. teranyamir@gmail.com.

## INTRODUCCIÓN

Los pastos son la fuente natural para la alimentación de los rumiantes, lo cual hace necesario conocer los principios básicos de su manejo y utilización. El conocimiento de la composición química de las especies forrajeras es indispensable para mejorar su manejo con la intención de conseguir mayores rendimientos.

En la ganadería intensiva, los pastos cultivados requieren cantidades adecuadas de nitrógeno para lograr mayor producción de materia seca (Marcelino *et al.* 2003). Generalmente el nitrógeno es insuficiente en los suelos tropicales y es el elemento más importante para el crecimiento de las gramíneas. Este macronutriente influye positivamente en la producción de materia seca y contenido de proteína cruda (Teitzet *et al.* 1991).

Otro aspecto importante es conocer la edad de la especie forrajera para someterla a pastoreo, ya que a medida que la planta madura el contenido de carbohidratos solubles, proteína y minerales tienden a bajar y aumenta la concentración de fibra. Mancilla (2002) señaló que además de estos cambios en la composición química, existen alteraciones en las características morfológicas de los pastos, debido a que se acumula material muerto, disminuye la proporción de hojas y valor nutritivo del forraje disponible, lo que afecta el consumo por parte del animal.

*Brachiaria brizantha* es una especie introducida que se ha adaptado a ciertas áreas del estado Portuguesa, Venezuela. A pesar del potencial productivo que ha presentado, aún no se han definido las prácticas de manejo más adecuadas con el objeto de proporcionar un material que satisfaga los requerimientos nutricionales de los bovinos a pastoreo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del pasto *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a la fertilización nitrogenada e intervalo entre cortes en cuanto a su contenido proteína cruda, fibra cruda, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente en las fincas La Preferida y Ave María durante la época de lluvias.

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos fincas en el estado Portuguesa: Finca “La Preferida”, ubicada en el municipio Guanare, localizada entre 1008020 – 1004802 longitud Oeste y 425400 – 427420 Latitud Norte y Finca “Ave María” localizada en el municipio San Genaro de Boconito, ubicada entre 982435 – 979489 longitud Oeste y 405254 – 408430 Latitud Norte.

El clima de la primera finca es caracterizado, según datos obtenidos de 12 años de las estaciones meteorológicas de Suruguapo y Sipororo (MARN 2013), con precipitación promedio anual de 1.847 mm, los meses más lluviosos ocurren de abril a septiembre y los secos de enero a marzo; las temperaturas promedio oscilan entre 26 y 30 °C. La segunda finca tiene una precipitación promedio anual de 1.560 mm, temperaturas entre 27 y 30 °C, los períodos lluvioso y seco ocurren en los mismos meses que en la primera finca. La zona se caracteriza como Bosque seco tropical (Holdridge 1978).

Se realizó un análisis de suelo a través de muestras compuestas (0-20 cm profundidad) tomadas con un barreno Riverside Eijkelpamp (Cuchara de Ø 50 x 200 mm). Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la UNELLEZ - Guanare y se analizó pH, materia orgánica (Walkey y Black 1934), fósforo (Olsen *et al.* 1954), cationes intercambiables por acetato de amonio 1N pH 7 (Rhoades 1982), acidez intercambiable por Cloruro de Bario al 5% Trietanolamina (Rhoades 1982), capacidad de intercambio catiónico por suma de cationes intercambiables y acidez intercambiable. Los suelos son ácidos con baja fertilidad natural (Tabla 1), presentan características físico químicas diferentes, ya que en la Preferida aunque presenta el valor de pH menor (4,9) fuertemente ácido, la capacidad de intercambio de cationes y saturación de bases es mayor (4,95 meq 100g<sup>-1</sup> y 83 %), con textura Arcillosa; mientras que en la finca Ave María arrojó un pH mayor (5,8) moderadamente ácido con menor capacidad de intercambio de

**Tabla 1.** Características químicas y físicas del suelo en dos fincas en el estado Portuguesa.

Descripción	La Preferida	Ave María
pH	4,90	5,80
Materia Orgánica, %	2,23	1,14
Fósforo, ppm	1,50	1,50
Sódio, meq/100g	0,43	0,76
Potasio, meq/100g	0,26	0,38
Calcio, meq/100g	2,73	0,74
Magnesio, meq/100g	1,53	0,35
Cationes Intercambiables, meq/100g	4,95	2,23
Acidez Intercambiable, meq/100g	1,00	0,60
Cap. Inter. Catiónico, meq/100g	5,95	2,83
Saturación de bases, %	83,00	79,00
Arena, %	16,00	66,00
Arcilla, %	47,20	21,20
Limo, %	36,80	12,80
Textura	A	Fa

cationes y saturación de bases (2,83 meq 100g<sup>-1</sup> y 79 %) y textura Fa con mayor cantidad de arena (66 %).

En el establecimiento del cultivo se utilizó semilla certificada y nucleada comercial de *B. brizantha* cv. Toledo, con pureza de 95 % y viabilidad de 85 %.

En ambas fincas se seleccionó un lote de terreno de 2.000 m<sup>2</sup> (50 x 40 m). Se preparó el suelo con cuatro pases de rastra. Se utilizó una densidad de siembra de 100.000 plantas/ha (Mancilla 2002) (0,50 m entre hileras y a chorro corrido entre plantas) y se realizó entresaque para obtener 10 plantas m. Previamente se realizó un análisis de calidad a la semilla en cuanto a pureza, germinación estándar, valor cultural y número de semillas puras vivas germinables/ha a través de la metodología de la AOSA (1999), para garantizar la densidad de siembra en cada lote, por lo tanto, se calculó en peso de semillas a sembrar por hilera.

Se aplicó fertilización básica con fórmula completa (150 kg ha<sup>-1</sup> de 15-15-15) en el momento de la siembra, de acuerdo con los análisis del suelo y las recomendaciones de Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (Toledo 1982), se incorporó al suelo en el último pase de rastra. Las parcelas fueron cercadas y se controlaron las

malezas dos veces durante la época de lluvias, se utilizó herbicida amina 2,4 D a razón de 1,5 L ha<sup>-1</sup>.

Antes de la delimitación de las parcelas se uniformizó la pastura establecida, con pase de rotativa a 15 cm sobre el nivel del suelo. El área experimental se dividió en doce parcelas principales (48 m<sup>2</sup> área total y efectiva 36 m<sup>2</sup> de cada parcela) separadas por 1 m en los extremos para evitar efecto bordura, estas parcelas se correspondieron con los niveles de fertilización nitrogenada (0; 30; 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>), el fertilizante usado fue urea. Posteriormente cada parcela principal se dividió en cuatro subparcelas de 3 x 3 que representaron la unidad experimental y los intervalos entre cortes (21; 28; 35 y 42 días), para un total de 48 subparcelas. Los niveles de fertilización e intervalos entre cortes fueron distribuidos al azar.

Se tomaron muestras de 600 g de forraje (t Mannetje 1978) a través del método destructivo en el centro de cada repetición, en dos hileras/muestra, se utilizó la técnica de la cuadrícula descrita por Tejos (1997). Se colocó una marca fija dentro de la subparcela para garantizar el corte (de 1 m<sup>2</sup> repetición<sup>-1</sup>) en el mismo sitio a 15 cm del suelo (Frame 1981) y permitir la recuperación del pasto a los cortes subsiguientes. La muestra fue secada a 60 °C hasta peso constante. Las hojas fueron molidas y tamizadas (2,0 mm) con el fin de determinar el contenido de PC por método de Kjeldahl (AOAC 1990), FC por el método gravimétrico (AOAC 1990), FDN y FDA por el método descrito por Van Soest *et al.* (1991). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Bromatología de la UNELLEZ, Guanare. Se realizó un pool de muestras en cada finca por nivel de fertilización e intervalo entre cortes.

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas y tres repeticiones. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza, una vez verificado el cumplimiento de supuestos exigidos. Cuando hubo diferencias significativas entre tratamientos, los promedios se compararon con la prueba de Tukey. Se usó el software Statistix 8.0 para Windows para procesar los datos.

El modelo lineal aditivo considerado se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \gamma_l + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{il} + (\beta\delta)_{jl} + \lambda_{ijk(l)} + \varepsilon_{ijkl}$$

$Y_{ijk}$ : Observación de la  $k$ -ésima repetición en el  $j$ -ésimo intervalo entre cortes y de los  $i$ -ésimo niveles de fertilización.

$\mu$ : Media general.

$\alpha_i$ : Efecto de los  $i$ -ésimo niveles de fertilización.

$\beta_j$ : Efecto del  $j$ -ésimo intervalo entre cortes.

$\delta_k$ : Efecto de  $k$ -ésima finca

$\gamma_l$ : Efecto de la  $l$ -ésima repetición.

$(\alpha\beta)_{ij}$ : Efecto de la interacción entre niveles de fertilización e intervalo entre cortes.

$(\alpha\delta)_{il}$ : Efecto de la interacción entre niveles de fertilización y finca.

$(\beta\delta)_{jl}$ : Efecto de la interacción entre niveles de intervalo entre cortes y finca.

$\lambda_{ijk(l)}$ : Error experimental de la  $i$ -ésimo niveles de fertilización en el  $j$ -ésimo intervalo entre cortes en el  $l$ -ésima repetición (Error a).

$\varepsilon_{ijkl}$ : Error experimental de la  $i$ -ésimo niveles de fertilización en el  $j$ -ésimo intervalo entre cortes de la  $k$ -ésima finca (Error b)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fertilización nitrogenada influyó ( $P < 0,01$ ) en los contenidos de PC, FC, FND y FAD (Tabla 2). El contenido de PC aumentó a medida que se incrementaron los niveles de fertilización. Los valores de fibra en la especie forrajera *B. brizantha* fueron afectados por el incremento de la fertilización nitrogenada, los valores de FC, FND y FAD disminuyeron considerablemente con relación al testigo (32,3; 66,4 y 37,3 %). El nitrógeno forma parte de un gran número de sustancias como la proteína, clorofila, enzimas, hormonas y vitaminas; una adecuada disponibilidad a nivel del suelo asegura que el contenido de este elemento en los tejidos vegetales no sea deficitario. Pietroseoli *et al.* (1996) indicaron respuestas positivas a la adición de dosis de nitrógeno (0; 200 y 400 kgN ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) sobre el contenido de proteína cruda (10,41; 14,47 y 16,78 %) en el pasto *B. brizantha*. Crespo *et al.* (1986)

concluyeron que la fertilización nitrogenada influye en el valor nutritivo, ya que aumenta el contenido de proteína y disminuye carbohidratos estructurales de la planta. El contenido de FDN es un parámetro importante que define la calidad de forraje, así como un factor que limita la capacidad ingestiva por los animales.

**Tabla 2.** Efecto de la fertilización nitrogenada sobre contenido de proteína cruda, fibra cruda, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente en *B. brizantha* cv. Toledo.

Nitrógeno Kg N ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	PC	FC	FND	FAD
			%	
0	9,9 c	32,3 a	66,4 a	37,3 a
30	11,3 b	30,9 b	64,3 b	35,1 b
60	11,5 ab	30,2 bc	63,05 bc	33,9 c
120	11,8 a	29,5 c	62,4 c	31,9 d

Promedios con literal diferentes en una misma columna presentaron diferencias estadísticas (Tukey,  $P < 0,05$ ).

Los valores de PC, FC, FAD y FND resultaron afectados ( $P < 0,01$ ) por el intervalo entre cortes (Tabla 3). A los 35 días entre cortes se obtuvo mayor contenido de proteína en el pasto (11,3 %). Herrera y Ramos (1981) plantearon que la disminución del contenido de proteína cruda por el aumento de la edad, se produce por la disminución de la actividad metabólica de los pastos a medida que avanza la edad de rebrote, y la síntesis de compuestos proteicos disminuye en comparación con los estadios más jóvenes.

El contenido de FC incrementó a medida que aumentó a edad de corte. Keftasa (1990) relacionó el incremento de fibra con la madurez de los pastos, el desarrollo de los tallos, la senescencia de las hojas y acumulación de material muerto, componentes que poseen un alto contenido de fibra y lignina. Estos resultados coinciden con lo informado por Avellaneda *et al.* (2008), quienes

**Tabla 3.** Efecto de intervalo entre cortes sobre contenido de proteína cruda, fibra cruda, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente en *B. brizantha* cv. Toledo.

IC, días	PC	FC	FND	FAD
			%	
21	11,9 a	28,9 d	61,4 c	32,1 d
28	11,6 ab	30,3 c	63,8 b	34,1 c
35	11,3 b	31,1 b	64,9 b	35,2 b
42	9,7 c	32,6 a	66,2 a	36,8 a

Promedios con literal diferente en una misma columna presentaron diferencias estadísticas (Tukey,  $P < 0,05$ ).

reportaron valores de FC en *B. brizantha* de 30,3 y 32,4% a 56 y 84 días, respectivamente. La FND y FAD fueron afectadas por la edad de la planta, el mayor valor se correspondió con 42 días (66,2 y 36,8%). Villarreal (1994) informó que cuando la edad del pasto se incrementa se produce una disminución progresiva del valor nutritivo.

Hubo efecto de finca ( $P < 0,01$ ) en el contenido de PC, FC y FAD; mientras que la FND fue similar ( $P > 0,05$ ) en ambas fincas (Tabla 4). Los valores de PC y FAD fueron superiores en La Preferida, por lo tanto, las características físicas y químicas del suelo influyen en la composición química en la especie forrajera *B. brizantha* cv. Toledo. El suelo de la finca la Preferida presenta mayor capacidad de intercambio catiónico y arcilla, lo que permite mayor absorción del nitrógeno por la planta; mientras que en el suelo arenoso en Ave María retiene menor humedad y la mayor parte del nitrógeno se lixivia y no se aprovecha por la planta (IFA 2000).

**Tabla 4.** Efecto de finca sobre contenido de proteína cruda, fibra cruda, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente en *B. brizantha* cv. Toledo.

Finca	PC	FC	FND	FAD
	%			
Preferida	11,8 a	29,5 b	64,3 a	35,5 a
Ave María	10,5 b	32,0 a	63,8 a	33,6 b

Promedios con literal diferente en una misma columna presentaron diferencias estadísticas (Tukey,  $P < 0,05$ ).

Hubo efecto de la interacción de fertilización nitrogenada x intervalo entre cortes en el contenido de PC ( $P < 0,05$ ) y FAD ( $P < 0,01$ ); mientras que los valores de FC y FND no fueron afectados ( $P > 0,05$ ). El contenido de PC fue menor con 120 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 42 días de intervalo entre cortes; mientras que con 120 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 21; 28 y 35 días fue similar (Tabla 5). El valor de FAD fue menor a los 21 días entre cortes con 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, con respecto a menores niveles de aplicación de N para esa edad de corte. De acuerdo con estos resultados, se pudiera recomendar 35 días de descanso y aplicación 60 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para esta especie forrajera pastoreada con bovinos de carne; sin embargo, es necesario determinar los rendimientos de la especie forrajera y los costos de producción para

**Tabla 5.** Efecto de la interacción de fertilización nitrogenada x intervalo entre cortes sobre contenido de proteína cruda, fibra cruda, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente en *B. brizantha* cv. Toledo.

Fertilización kg N ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	IC, días	PC	FC	FND	FAD
		%			
0	21	11,0 b	30,2 a	64,8 a	35,1 c
	28	10,7 ab	31,3 a	68,1 a	36,0 c
	35	10,1 c	33,1 a	66,2 a	37,9 b
	42	7,9 d	34,4 a	68,7 a	40,1 a
30	21	12,0 a	29,1 a	62,5 a	32,8 e
	28	11,7 b	30,6 a	63,8 a	34,9 c
	35	11,5 ab	31,3 a	64,8 a	36,0 c
	42	10,1 c	32,7 a	66,3 a	36,7 c
60	21	12,3 a	29,0 a	59,4 a	30,6 f
	28	11,9 ab	29,9 a	62,8 a	34,2 d
	35	11,6 ab	30,2 a	64,3 a	34,7 d
	42	10,4 c	31,8 a	65,8 a	36,4 c
120	21	12,4 a	27,4 a	58,8 a	30,0 f
	28	12,2 a	29,4 a	62,4 a	31,4 e
	35	12,1 a	29,9 a	64,2 a	32,3 e
	42	10,3 c	31,4 a	64,1 a	34,0 d

Promedios con literal diferentes en una misma columna presentaron diferencias estadísticas (Tukey,  $P < 0,05$ ).

decidir días de descanso y la fertilización nitrogenada.

Hubo efecto de la interacción fertilización x finca sobre la composición química del forraje (Tabla 6). La respuesta fue diferente en función del tipo suelo; en La Preferida con 30 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> se obtuvo mayor ( $P < 0,05$ ) contenido proteico (12,1 %) en el pasto (Tabla 5). El contenido de PC fue superior a 7 % en ambas fincas, por lo que estos valores se consideran aceptables. Trujillo *et al.* (1986) indicaron que

**Tabla 6.** Efecto de la interacción fertilización nitrogenada x finca sobre composición química en *B. brizantha* cv. Toledo.

Fertilización kg N ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	La Preferida				
	PC	FC	FND	FAD	
	%				
0	10,4 c	30,6 c	67,8 a	39,4 a	
30	12,1 a	29,8 b	65,0 b	35,7 b	
60	12,3 a	29,0 c	63,1 c	34,7 c	
120	12,5 a	28,4 d	61,9 d	32,2 d	
	Ave María				
	0	9,4 d	33,9 a	65,7 b	35,2 b
	30	10,6 c	32,0 b	63,7 b	34,4 c
	60	10,8 c	31,4 c	63,0 d	33,3 c
	120	11,1 b	30,6 c	62,8 d	31,6 d

Promedios con literal diferentes en una misma columna presentaron diferencias estadísticas (Tukey,  $P < 0,05$ ).

cuando el contenido de PC es inferior a 7% en forrajes tropicales, se presenta una marcada disminución en el consumo, como consecuencia de una baja actividad microbiana en el rumen.

Los valores de FC, FND y FAD disminuyeron en ambas fincas con 120 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Valores de FND por encima de 55 % se correlacionan de manera negativa con el consumo de forraje (Van Soest 1965). Los resultados observados para FAD se consideran altos para ambas fincas y niveles de fertilización nitrogenada evaluados. Rotz et al. (2015) reportaron un pasto de excelente calidad con menos de 31% de FAD.

En la Tabla 7 se muestra la interacción intervalo entre cortes x finca, hubo efecto para PC (P<0,05), FC (P<0,05) y FAD (P<0,01) en ambas fincas. El contenido de PC disminuyó cuando el intervalo entre cortes fue mayor en ambas fincas. Este valor fue similar en La Preferida a 21; 28 y 35 días (12,6; 12,2 y 11,9 %) y en Ave María a los 21 y 28 días (11,2 y 11,0 %). El contenido de FC y FAD aumentó con la edad de corte y fue menor a 21 días en ambas fincas. Las características físico químicas del suelo y el intervalo entre cortes influyen en la composición química de *B. brizantha* cv. Toledo. De acuerdo con Nogueira (1995), el incremento de FAD con la edad pudiera estar relacionado con los cambios fisiológicos que ocurren al envejecer la planta, lo que provoca disminución de la proporción del contenido celular

**Tabla 7.** Efecto de la interacción de la finca x intervalo entre cortes sobre la composición química en *B. brizantha* cv. Toledo.

Intervalo entre cortes, días	La Preferida			
	PC	FC	FND	FAD
	Porcentaje			
21	12,6 a	27,1 d	61,1 a	33,2 c
28	12,2 a	28,9 c	64,1 a	34,8 b
35	11,9 a	29,9 c	65,0 a	36,0 b
42	10,8 b	32,0 a	66,9 a	38,0 a
Ave María				
21	11,2 a	30,8 b	61,7 a	31,1 d
28	11,0 a	31,7 b	63,4 a	33,5 c
35	10,8 b	32,4 a	64,7 a	34,4 c
42	8,9 c	33,1 a	65,5 a	35,5 b

Promedios con literal diferentes en una misma columna presentaron diferencias estadísticas (Tukey, P<0,05).

citoplasmático, reducción del lumen celular con sus componentes solubles e incremento de los componentes fibrosos. Rincón et al. (2008) reportaron valores inferiores de FND a los 28 y 42 días en época de lluvia (55,4 y 55,8 %) en Villavicencio, Colombia.

## CONCLUSIONES

El contenido de proteína cruda en *B. brizantha* cv. Toledo fue afectado por la fertilización nitrogenada e intervalo entre cortes. La mayor concentración se observó con dosis de 120 kg de N/ha/año y corte a los 21 días.

Las fracciones fibrosas en el forraje disminuyeron con la dosis de fertilización nitrogenada y se incrementaron con la edad de corte en ambas fincas

Las características químico físicas del suelo influyeron en el contenido de proteína cruda, fibra cruda y fibra ácido detergente. La especie forrajera *B. brizantha* cv. Toledo presentó mayores valores de proteína cruda en la finca la Preferida

## REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. Agricultural Chemicals. 1 (15). 173-186 p.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1999. Rules for testing seeds. Lincoln, NB, USA. Procc. Assoc. Ofic. Seed Anal. 126 p.
- Avellaneda, J., Cabezas, F., Quintana, G., Luna, R., Montañez, O., Espinoza, I., Zambrano, S., Romero, D., Vanegas, J. y Pinargote, E. 2008. Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. Ciencia y Tecnología. 1:(2) 87-94.
- Crespo, G., Asçpiolea, J. y López, M. 1986. Nutrición de pasto. En: Los pastos en Cuba. Sistanchs, M., Crespo, G., Flebes, G., Herrera, S. y Ruiz, T (Eds.). La Habana. Producción EDECA. p. 345- 416.

- Frame, J. 1981. Herbage mass. In: Sward Measurement Hand-book. Hodgson, J (Ed.). British Grassland Society, Hurley, Berkshire. England. 39-69 pp.
- Herrera, R. y Ramos, N. 1981. Estudio morfofisiológico de *Cynodon dactylon* vc. Coast cross 1. Primer Congreso de Ciencias Biológicas. Resúmenes. La Habana p.272.
- Holdridge, L. 1978. Ecología Basada en Zonas de Vida. Trad. De 1ª ed. Rv. Inglesa por Humberto Jiménez Saa. IICS, San José. 276 p.
- IFA (International Fertilizer Industry Association). 2000. Fertilizers and their use. Fourth edition. Roma. 77p.
- Keftasa, D. 1990. Effects of development stages at harvest nitrogen application and moisture availability on the yield and nutritional value of Rhodes (*Chloris gayana*) and lucerne (*Medicago sativa*). Pasture Science Swedish. Univ. Of Agric. Sci. S.L U, Institutionen for Växtodlingslära. p 7.
- Mancilla, L. 2002. La Agricultura Forrajera Sustentable. Litografía Megagraf. Guanare, Venezuela. pp.111-154.
- Marcelino, K., Leite, G., Guerra, A. e Diogo, J. 2003. Manejo da adubação nitrogenada de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de tifton 85 cultivado no cerrado. Revista Brasileira de Zootecnia 32: (2). 268-275.
- Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). 2013. Dirección General de Información e Investigación del Ambiente. Datos meteorológicos de las estaciones Sipororo y Suruguapo. Guanare. p12.
- Nogueira, F. 1995. Estudo da degradabilidade in situ e de protozoários ciliados com zebuínos da raça Nelore (*Bos indicus*) e búfalos (*Bubalus bubalis*) submetidos a dietas com volumosos e concentrados. Tese Livre Docência - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. p.144.
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F. and Dean, L. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep. of Agric. Circ. 939.USDA, Washington, DC. 76-96 pp.
- Pietrosemoli, S., Faria, G. y Villalobos, N. 1996. Respuesta del pasto *Brachiaria brizantha* a la fertilización nitrogenada. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 13: 551-560.
- Rhoades. J. 1982. Cation Exchange Capacity. En Page. A, Miller R. (Eds). Methods of Soil Analysis. Agronomy Monographs N° 9. American Society of Agronomy. Madison. EEUU. p. 149 -157.
- Rincón, A., Ligarreto, G. y Garay, E. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv amargo y *Brachiaria brizantha* cv Toledo sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del Piedemonte llanero colombiano. Rev Facultad Nacional Agronomía. Medellín 61(1):4336-4346.
- Rotz, A., Chianese, D., Montes, F., Hafner, S. and Bonifacio, H. 2015. Dairy Gas Emissions Model. Reference Manual. Versión 3.2. USD. Agricultural Research Service. 120 p.
- Teitzet, J., Gilbert, M. and Cowan, R. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 6. Nitrogen fertilized grass pasture. Trop. Grass. 25: 111-118.
- Tejos, R. 1997. Inventario de vegetación. Guía práctica de Programa Producción Agrícola Animal. UNELLEZ – Guanare. 12 p. (Mimeo).
- †Mannetje, L. 1978. Measuring quality of grassland and vegetation and animal production. Bulletin Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley, Berkshire, England. 52 pp.

- Toledo, J. 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. 168 p.
- Trujillo, G., Posada, J. y Sierra, O. 1986. Efecto de la edad de rebrote en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. Pasturas Tropicales. 8 (2):7-9.
- Van Soest, P. 1965. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. 11. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 48: 785.
- Van Soest, P., Robertson, J. and Lewis, P. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.
- Villarreal, M. 1994. Valor nutritivo de las gramíneas y leguminosas en San Carlos. Costa Rica. Pasturas Tropicales 16 (1): 27-31.
- Walkley, A. and Black, I. 1934. An examination of the Degtjareff method and a proposed modification of the chromic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 34: 29-38.



# EFFECTO DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO MICROALGAL EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.)\*

## Effect of microalgae organic fertilizer on basil (*Ocimum basilicum* L.) germination and seedling growth

Yelitza García-Orellana<sup>1,2</sup>, Gonzalo Soto<sup>3</sup>, Valdano Tafur<sup>4</sup>, Ana Simbaña<sup>4</sup>, Edgar Tello<sup>4</sup>, Juan José Brito<sup>5</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo determinar el efecto de la aplicación de fertilizante orgánico de origen microalgal sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de albahaca (*Ocimum basilicum* L) variedad Hoja de Lechuga, se instaló un ensayo en el Centro de Biología, Universidad Central del Ecuador. Los tratamientos consistieron en adicionar fertilizante orgánico líquido en dos proporciones al agua de cada riego (50 y 100%) y un testigo absoluto. El diseño de experimento fue en bloques al azar con tres tratamientos y 9 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: tasa y porcentaje de germinación; altura de plántulas, longitud de raíz, peso seco de la parte aérea y de la raíz. En la tasa de germinación y altura de plántulas no se encontró efecto significativo con la aplicación de fertilizante orgánico. Con respecto al porcentaje de germinación, el mayor valor se encontró al utilizar la mayor concentración del fertilizante orgánico (100%). La aplicación del fertilizante orgánico tuvo efecto sobre la longitud y peso seco de la raíz, la aplicación de 50% fertilizante orgánico produjo valores más altos en ambas variables.

**Palabras clave:** altura, longitud de raíz, peso seco, riego.

### ABSTRACT

In order to determine the effect of the application of organic fertilizer from microalgae origin on germination and seedling growth of basil (*Ocimum basilicum* L) variety Lettuce Leaf, a trial in the Biology Center, Central University Ecuador was installed. Treatment consists of adding liquid organic fertilizer in two proportions in each irrigation water (50 to 100%) and an absolute control. The experimental design was randomized block with three treatments and 9 replications. The variables evaluated were: rate and percentage of germination, plant height, root length, dry weight of aerial part and root. In germination rate and seedling height was no significant effect found by applying organic fertilizer. Regard to the percentage of germination, the highest value was found when using the highest concentration of organic fertilizer (100%). The application of organic fertilizer had an effect on the length and root dry weight, and the application of 50% organic fertilizer produced highest values for both variables.

**Key words:** height, root length, dry weight, irrigation.

(\*) Recibido: 30-14-2016

Aceptado: 30-08-2016

<sup>1</sup> Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA, Departamento de Ingeniería Agrícola, Cabudare-Lara. Venezuela. Apartado postal 400. yelitzagarcia@ucla.edu.ve

<sup>2</sup> Investigador Proyecto Prometeo-Senescyt /Universidad Central del Ecuador. Centro de Biología, Quito, Ecuador

<sup>3</sup> Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Biológicas. Quito, Ecuador.

<sup>4</sup> Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador.

<sup>5</sup> Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Lara, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

Gracias a su gran biodiversidad, Ecuador cuenta con variedad de productos con calidad certificada como plantas, que contienen altos porcentajes de aceites esenciales y propiedades curativas. Existe una creciente demanda en el mercado de ingredientes naturales en el mundo, especialmente de la Comunidad Europea y Norte América (Guamán 2007).

El cultivo de la albahaca tiene una gran importancia económica debido a su contenido de aceites esenciales (cavicol y linalool), los cuales tienen alta demanda mundial en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica (Juárez–Rosete *et al.* 2013).

Durante la etapa de germinación y emergencia las plántulas deben enfrentar condiciones de estrés para su adaptación a condiciones ambientales y edáficas adversas que son clave en su sobrevivencia en campo (Mokhberdorán *et al.* 2009).

Mediante la aplicación de tierra con vermicomposta de pulpa de café en el cultivo albahaca (*Ocimum selloi* Benth) se concluyó que favorece el crecimiento, aumenta el área foliar, número de hojas y peso seco de hoja (Mota y Sánchez 2013).

Luján *et al.* (2015) realizaron un estudio aplicando soluciones nutritivas orgánicas provenientes de composta y vermicomposta para evaluar el rendimiento en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) variedad Nufar producida en invernadero, concluyeron que el uso de estas soluciones nutritivas orgánicas influyen significativamente en altura de planta, área foliar y compuestos fenólicos totales.

Igualmente, Aboutalebi *et al.* (2013) encontraron que con la aplicación de una solución de nutrientes derivado de abono orgánico en el cultivo de albahaca en condiciones de invernadero, causó rendimiento superior en comparación con la aplicación de estiércol sólido.

El uso de fertilizantes orgánicos surge como una alternativa de producción agrícola a bajo costo

y no contaminante del ambiente, que mantiene la fertilidad y biodiversidad de los suelos. La producción de plántulas vigorosas y aptas para el trasplante es un prerequisite para la obtención de rendimientos económicamente redituables. La composición química de la solución nutritiva es un importante factor para el logro de este propósito (Rangel *et al.* 2002).

Las micro y macroalgas han sido utilizadas por el ser humano desde hace cientos de años como alimento, forraje, medicamentos y fertilizantes. En los últimos 30 años la producción de microalgas se ha incrementado con el desarrollo de la biotecnología. Hoy en día la producción microalgal llega a alrededor de 5000 toneladas de materia seca y genera una facturación de aproximadamente 1250 millones de dólares anuales (Borowitzka 1999; Barsanti y Gualtieri 2006).

Las microalgas se pueden definir como un grupo de microorganismos fotosintéticos de estructura celular simple, que habitan en un medio acuático del cual obtienen sus nutrientes. Estos organismos poseen una tasa de crecimiento muy alta y son capaces de crear mucha biomasa por unidad de superficie en periodos de tiempo muy cortos, en comparación con organismos terrestres (Barsanti y Gualtieri 2006; Schulz 2006).

El objetivo de este ensayo fue determinar el efecto de la aplicación de diferentes proporciones de fertilizante orgánico de origen microalgal en el agua de riego sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción y ubicación del ensayo

El ensayo consistió en establecer un vivero de albahaca utilizando envases de plástico de una capacidad de 200 cm<sup>3</sup>, con un sustrato a base de arena esterilizada, a los cuales se aplicó fertilizante orgánico líquido a base de microalgas en diferentes proporciones en cada riego, sometidos a exposición solar parcial y bajo protección del agua de lluvia, en el Centro de Biología de la Universidad Central del Ecuador,

ubicada a 0°19' de latitud sur, 77°74' longitud oeste y a una altura de 2884 msnm. El experimento tuvo una duración de 35 días.

### Material experimental

Se utilizaron semillas de albahaca, variedad Hoja de Lechuga, con un porcentaje de pureza de 97%, germinación de 84% y de origen italiano. La materia prima (microalgas) para el fertilizante orgánico se recolectó en la Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, ubicado a una latitud de 0° 19' 4.6'' S, longitud 78° 57' 14.13'' O, a una altura de 1850 msnm. Una vez realizada la identificación de las microalgas de interés (*Chlorella* sp y *Scenedesmus* sp) se procedió a su propagación y posterior escalamiento, esta fase permitió la obtención del fertilizante orgánico líquido a una concentración de 4 millones de células por mililitro, que por experiencias de ensayos previos generó mejores resultados en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*). De esta solución se tomó una muestra de un litro y se llevó al Laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para su análisis químico.

### Características químicas del fertilizante orgánico

Los resultados del análisis químico del fertilizante orgánico se presentan en la Tabla 1; se observa que el fertilizante orgánico posee un valor de pH ligeramente ácido (6,32), el cual está dentro del rango que proporciona mejores condiciones de asimilabilidad (Ginés y Mariscal –Sancho 2002).

El fertilizante orgánico presenta una conductividad eléctrica (CE) de 3,12 dS m<sup>-1</sup>, la cual es adecuada, ya que una CE mayor que 6 dS m<sup>-1</sup> induce diferente absorción entre los nutrimentos y, por lo tanto, desbalance entre éstos; pero una CE menor que 2 dS m<sup>-1</sup>, es deficiente, sobre todo en los lugares o temporadas frías (Herrera 1999).

El análisis reportó valores altos de manganeso, hierro, boro y de cobre, los cuales están involucrados en importantes procesos

metabólicos de las plantas. El Boro está involucrado en tres procesos principales que incluyen: preservación de la estructura de la pared celular, mantenimiento de las funciones de la membrana y como cofactor de las actividades metabólicas (Malave y Carrero 2007).

El nutriente con el valor más alto fue el manganeso, el cual interviene en la síntesis de clorofila. El cobre es importante en procesos tales como la fotosíntesis, respiración y desintoxicación de radicales y lignificación, en el metabolismo secundario es importante para incrementar la resistencia de la planta a enfermedades, debido a la producción de lignina interpone una barrera mecánica contra la entrada de organismos (Kirkby y Römheld 2008).

### Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en adicionar el fertilizante orgánico líquido en dos proporciones al agua de cada uno de los riegos aplicados (50 y 100%) y un testigo absoluto, al cual no se le adicionó fertilizante orgánico al agua de riego. Se aplicaron 20 ml en cada unidad experimental dos veces a la semana durante el ensayo.

El diseño de experimento fue en bloques al azar con tres tratamientos y 9 repeticiones, lo que generó 27 unidades experimentales. La unidad de muestreo estuvo conformada por una planta en su respectivo contenedor.

### Variables evaluadas

#### Tasa de germinación

Se calculó la tasa de germinación, aplicando la metodología descrita por Maguire (1962). A partir de conteos de las plántulas emergidas a partir del tercer día hasta el día 12 después de la siembra.

$$TG = (N1T1 + N2T2 + \dots + NxTx) / NSG$$

Donde:

TG = tasa de germinación de las plántulas con dos

**Tabla 1.** Características químicas del fertilizante orgánico microalgal (*Chlorella* sp y *Scenedesmus* sp).

pH	dS m <sup>-1</sup>	g por 100 ml (%)						Mg L <sup>-1</sup> (ppm)				
		N Total	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
6,32	3,12	0,10	0,13	0,19	0,09	0,02	0,03	3,4	0,2	3,2	3,8	6,4

hojas cotiledonales totalmente despegada; N = número de semillas que germinaron en cada intervalo de tiempo (T); T = Intervalo de tiempo de cada periodo y NSG = número de semillas germinadas.

### Porcentaje de germinación

A partir del noveno día de sembradas las semillas (9 DDS) y hasta el décimo octavo día se cuantificó diariamente el número de plantas cuyos cotiledones hubiesen atravesado la superficie del suelo; esta sumatoria se usó para calcular el porcentaje de germinación, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$PG = (\text{PHCD}) 100/\text{NSS} \text{ (Bravo et al. 2006)}$$

Donde:

PG= porcentaje de germinación, PHCD= plántulas con las dos hojas cotiledonales totalmente desplegadas y NSS= número de semillas sembradas.

### Altura de plántulas

Se midió la altura de plántulas (cm) desde el nivel del suelo hasta el ápice, a los 18; 24; 27; 32 y 35 días después de la siembra, en las nueve repeticiones de cada tratamiento.

### Longitud de Raíz

Al final del ensayo, todas las plántulas fueron recolectadas y lavadas con agua destilada. Una vez que se les quitó el exceso de agua con papel absorbente, se midió la longitud de la raíz con una regla graduada (cm), las medidas fueron tomadas desde la base del tallo donde inician los pelos radicales hasta donde termina la raíz principal.

### Peso seco de raíces y parte aérea de las plántulas

Al final del ensayo, todas las plántulas fueron divididas en parte aérea y radical, lavadas con agua destilada y secadas en estufa a 70 °C por 24 horas (UCV 1993), para obtener el peso seco en mg.

### Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza para las variables estudiadas utilizando en paquete estadístico SPSS, la comparación de medias se realizó mediante las pruebas de mínima diferencia significativa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tasa de germinación

Para esta variable no se encontraron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos. La tasa de germinación fue 13,95; 12,91 y 12,85 %, para 50, 100 y 0% de fertilizante orgánico, respectivamente. Estos valores son similares a los reportados por Ojeda-Silvera et al. (2013), quienes evaluaron el efecto del estrés hídrico sobre la germinación y crecimiento de plántulas de albahaca e informaron una tasa de germinación de 13 en condiciones no limitantes de agua.

### Porcentaje de germinación

La aplicación del fertilizante orgánico tuvo efecto ( $P < 0,05$ ) sobre el porcentaje de germinación, el tratamiento con mayor concentración de fertilizante orgánico causó mayor porcentaje de germinación (Tabla 2). Esto valores difieren de los obtenidos por Ojeda-Silvera et al. (2013), quienes reportaron 99% de germinación en plántulas de albahaca en un ensayo realizado al noreste de México, bajo condiciones no limitantes de agua.

**Tabla 2.** Porcentaje de germinación de plántulas de albahaca con diferentes dosis de fertilizante orgánico.

Fertilizante orgánico (%)	Germinación (%)
	-X ±DS-
0	61,11a ±7,86
50	72,22a ±13,57
100	77,22b ±15,71

Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas.

Estos valores de germinación son inferiores al 84% reportado por la casa comercial, lo que puede deberse a la falta de condiciones de almacenamiento adecuadas que afectan la viabilidad de la semilla.

## Altura de plántulas

La aplicación de fertilizante orgánico no tuvo efecto ( $P > 0,05$ ) sobre la altura de las plántulas. En la Tabla 3 se observa que en las plántulas que no recibieron fertilizante orgánico ocurrió tendencia a mejor comportamiento. Resultados similares se obtuvieron en un ensayo con plántulas de albahaca, en el que se probaron sustratos de turba rubia y negra en diferentes proporciones, no se obtuvieron diferencias en la altura de plántulas y se observó un valor de 1,9 cm para 100 % de turba rubia (Martínez *et al.* 2005).

**Tabla 3.** Altura de plántulas de albahaca con diferentes dosis de fertilizante orgánico.

Fertilizante orgánico (%)	Altura de planta (cm)				
	Días después de la siembra (-X ±DS-)				
	18	24	27	32	35
0	1,08a ±0,25	1,18a ±0,40	1,37a ±0,33	1,64a ±0,39	1,92a ±0,39
50	1,01a ±0,32	1,13a ±0,39	1,37a ±0,34	1,56a ±0,50	1,75a ±0,49
100	0,97a ±0,38	1,13a ±0,33	1,23a ±0,34	1,60a ±0,48	1,85a ±0,62

Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas.

Igualmente, Matheus (2004), en un ensayo con plantas de maíz aplicó un fertilizante orgánico preparado a partir de residuos industriales de centrales azucareros, no reportó diferencias para la altura de las plantas entre la aplicación de fertilizante químico y la mitad de la dosis de fertilizante químico con 2 Mg ha<sup>-1</sup> de fertilizante orgánico.

## Longitud de raíz

La aplicación de fertilizante orgánico tuvo efecto ( $P < 0,05$ ) sobre la longitud de raíz. En la Tabla 4 se observa que los valores más altos (5,51 y 5,37 cm) de longitud de raíz pertenecen a la aplicación de 50 y 100% de fertilizante orgánico, respectivamente.

**Tabla 4.** Longitud de raíz de plántulas de albahaca con diferentes dosis de fertilizante orgánicos.

Fertilizante orgánico (%)	Longitud de raíces (cm)
	-X ±DS-
0	4,81 a ±0,86
50	5,51 b ±1,01
100	5,37 ab ± 0,73

Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas.

Estos valores de longitud de raíz son similares a los obtenidos por Ojeda-Silvera *et al.* (2013) en diferentes genotipos de albahaca, quienes reportaron longitud de raíz de 4,06 cm para la variedad hoja de lechuga. Ponce (2013), en un ensayo para evaluar el efecto de la fertilización orgánica sobre el crecimiento de albahaca, encontró mayor longitud de raíz con la aplicación de 20% de humus.

Rueda *et al.* (2010) demostraron que el uso de fertilizantes orgánicos en el cultivo de chile piquín (*Capsicum annuum* L). var. Aviculare, tuvo un efecto positivo en la longitud de raíz en suelos salinos y no salinos.

Esto difiere de lo obtenido en un ensayo con plántulas de albahaca, en el que se evaluó sustrato de macroalgas marinas en diferentes proporciones, en el cual no hubo diferencias en la longitud de raíz entre tratamientos (Hernández 2014).

## Peso seco de raíz

La aplicación de fertilizante orgánico tuvo efecto ( $P > 0,05$ ) sobre el peso seco de las raíces. En la Tabla 5 se observa que el mayor peso seco de raíz fue 3,41 mg, correspondiente a la aplicación de 50% fertilizante orgánico. El menor valor se obtuvo al aplicar un 100% de fertilizante orgánico (2,170 mg), lo cual permite suponer que el fertilizante orgánico aplicado en concentración alta puede tener un efecto adverso sin llegar a causar toxicidad.

**Tabla 5.** Peso seco de las raíces de plántulas de albahaca con diferentes dosis de fertilizante orgánico.

Fertilizante orgánico (%)	Peso seco de las raíces (mg)
	-X ±DS-
0	2,50 a ±0.64
50	3,41 b ±0.71
100	2,17 a ±0.40

Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas.

Nelson y Van Staden (1986) demostraron un aumento en la longitud y peso seco de la raíz con la aplicación de algas marinas, lo que indica que los componentes tenían un efecto en el desarrollo radicular.

A lo largo de los últimos años se han aportado gran cantidad de pruebas que demuestran que los microorganismos, incluyendo algas, levaduras, actinomicetos, hongos y bacterias son capaces de producir sustancias reguladoras del crecimiento tales como auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y ácido abscísico en cantidades apreciables que inducen el crecimiento de raíces adventicias (Arshad y Frankemberger 1993).

### Peso seco parte aérea

La aplicación de fertilizante orgánico tuvo efecto ( $P < 0,05$ ) sobre peso seco de la parte aérea de las plántulas de albahaca. En la Tabla 6 se observa que el mayor peso de la parte aérea ocurrió cuando se aplicó 50% de fertilizante orgánico, seguido de 100% fertilizante orgánico y el menor peso seco de la parte aérea se obtuvo con el tratamiento testigo, esto puede ser debido a que el fertilizante orgánico aplicado como 100% del riego puede ser alto para plántulas de albahaca, y puede afectar la absorción de algún nutriente o tener efecto detrimental sin llegar a ser tóxico. Ponce (2013), en un ensayo para evaluar el efecto de la fertilización orgánica sobre el crecimiento de la albahaca encontró mayor ( $P < 0,05$ ) peso de follaje cuando aplicó 50% de composta natural a base de residuo de cosecha y estiércol de animales.

**Tabla 6.** Peso seco de la parte aérea de plántulas de albahaca con diferentes dosis de fertilizante orgánico.

Fertilizante orgánico (%)	Peso seco parte aérea (mg) -X ±DS-
0	0,96a ±0,14
50	3,33b ±0,66
100	3,24b ±0,50

Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas.

### CONCLUSIONES

No se encontró efecto significativo de la aplicación fertilizante orgánico en tasa de germinación y altura de plántulas. El mayor porcentaje de germinación se encontró al utilizar la mayor concentración del fertilizante orgánico.

La aplicación del fertilizante orgánico tuvo efecto sobre la longitud de la raíz, peso seco de la raíz y de la parte aérea, la aplicación de 50%

fertilizante orgánico causó valores más altos en estas variables. El uso de fertilizante orgánico podría contribuir a mejorar la calidad de las plántulas y a su posterior desarrollo como plantas adultas al tener un sistema radical más desarrollado.

### REFERENCIAS

- Aboutalebi, A., Jahromi, M. and Farahi, M. 2013. Evaluation of growth and yield of organically-grown basil (*Ocimum basilicum* L.) in soilless culture. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 11(1): 299-301.
- Arshad, M. and Frankenberger, W. 1993. Microbial production of plant growth regulators. Pp. 307–347. In: F. B. Metting Jr. (Ed.). *Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management*. Marcell Dekker, New York.
- Barsanti, L and Gualtieri, P. 2006. *Algae: Anatomy, Biochemistry and Biotechnology*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, Estados Unidos. 301 p.
- Borowitzka, M. 1996. Microalgae for aquaculture: opportunities and constraints. *Journal of Applied Phycology* 9(5): 393-401.
- Bravo, C., Urdaneta, N., Silva, W., Poliszuk, H. y Marín, M. 2006. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv ‘Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 23(2):188-195.
- Ginés, I. y Mariscal-Sancho, I. 2002. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. En: [http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL\\_MON\\_O\\_2002\\_01.pdf](http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MON_O_2002_01.pdf) [Abril 2016].
- Guamán, R. 2007. El uso y relación de las mujeres kechua con las plantas medicinales: la experiencia de la asociación de productores de plantas medicinales Jambi Kiwa en Ecuador. *Mujeres Indígenas, Territorialidad y Biodiversidad en el Contexto Latinoamericano*, 177.

- Hernández, E. 2014. Aprovechamiento de las macroalgas como sustrato para la emergencia y crecimiento de plántula de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Tesis. Universidad autónoma de Baja California del sur. La Paz, baja California, México. 54 p.
- Herrera, A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra* 17(3): 221-229.
- Juárez-Rosete, C., Aguilar-Castillo, J., Juárez-Rosete, M., Bugarín-Montoya, R., Juárez-López, P. y Cruz-Crespo, E. 2013. Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias* 2(3): 119-129.
- Kirkby, E. y Römheld, V. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad. *International Plant Nutrition Institute: Informaciones Agronómicas* 68: 1-13.
- Luján, M., Reyna, V., Cervantes, G., Pérez, L. y Simental, J. 2015. Producción orgánica de albahaca en invernadero en la comarca lagunera. *Revista Terra Latinoamericana* 33(1): 69-78.
- Maguire, J. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop science* 2(2): 176-177.
- Malave, A. y Carrero, P. 2007. Desempeño funcional del boro en las plantas. *Venezuela. UDO Agrícola* 7 (1): 1-14.
- Martínez, A., Torres, J. y Campos, A. 2005. Estudio del régimen de humedad de tres tipos de turba en la etapa de propagación de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Agronomía Colombiana* 23(1):154-164.
- Matheus, J. E. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro* 16(3):219-224.
- Mokhberdorán, F., Kalat, S. and Haghghi, R. 2009. Germination and some seedling growth yield components in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 8(6): 409-416.
- Mota, L. y Sánchez, D. 2013. Sustratos orgánicos como alternativa para la producción de albahaca (*Ocimum Selloi* Benth). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1055-1061.
- Nelson, W. and Van Staden, J. 1984 The effect of seaweed concentrate on wheat culms. *J Plant Physiol.* 115:433-437.
- Ojeda-Silvera, C., Murillo-Amador, B., Reynaldo-Escobar, I., Troyo-Diéguez, E., Ruiz-Espinoza, F. y Nieto-Garibay, A. 2013. Estrés hídrico en la germinación y crecimiento de plántulas de genotipos de albahaca *Ocimum basilicum* L. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 4(2): 229-241.
- Ponce H. 2013. Evaluación de nutrientes en la producción de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo condiciones de fertilización orgánica en sombrero. Trabajo de Grado. Universidad autónoma agraria "Antonio Narro". Torreón, México. 52p.
- Rangel, P., Castillo, G., Torres, J., Kohashi-Shibata, J., Chavez, L. y Garza, A. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20(3): 267-276.
- Rueda, P., Murillo, A., Castellanos, C., Tarazón, H., Moreno, M. and Gerlach, B. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal on *Capsicum annum* L. aviculare ([Dierbach] D'Arcy and Eshbaugh) germination under stressing abiotic conditions. *Plant Physiology and Biochemistry* 48(8): 724-730.
- Schulz, T. 2006. The economics of micro-algae production and processing into biofuel. Department of Agriculture and Food, Government of Western Australia.
- UCV. 1993. Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el laboratorio general del Instituto de Edafología. Cuadernos Agronomía 1 (6):89.

## MODELOS DE ESTIMACIÓN DE ÁREA FOLIAR A PARTIR DE OBSERVACIONES MORFOLÓGICAS EN *Brachiaria brizantha* cv. Toledo\*

Models estimating leaf area from morphological observations in *Brachiaria brizantha* cv. Toledo

Nora Valbuena<sup>1</sup>, Carlos Parraga<sup>1</sup>, Luis Linares<sup>2</sup>, Jonathan Ramos<sup>3</sup> y Julián Junco<sup>4</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de establecer modelos de regresión para estimar el área de las hojas a partir de la medición del largo y el ancho de la lámina, se realizó un estudio con plantas de *B. brizantha* cv Toledo provenientes de la finca Ave María ubicada en San Genaro de Boconoito, Portuguesa. El muestreo de las hojas se realizó a los seis meses de establecido el pasto, se tomaron 130 hojas de diferentes plantas al azar. Para la determinación del área, la silueta de cada hoja se calcó sobre un papel milimetrado, sin causar daños ni destrucción de tejido, y se contaron los cuadros englobados en el perímetro de la hoja. La información obtenida fue procesada a través de análisis de regresión simple y múltiple. Se obtuvieron coeficientes de regresión altamente significativos para los ajustes efectuados a partir del largo y el ancho de las hojas. A través de la ecuación:  $\hat{y} = b_0 + b_3 X_3$ , donde  $b_0$  = constante y  $b_3 X_3$  = largo por ancho de las hojas, se obtuvo el mayor coeficiente de regresión (0,67), y el mayor ajuste ( $R^2 = 0,95$ ). La medición del largo y ancho de la hoja y su ajuste a través de ese modelo lineal, permite estimar eficientemente el área foliar de *B. brizantha* cv. Toledo. El alto ajuste encontrado entre la ecuación lineal y el área foliar y la no violación de los supuestos, hace apropiado y confiable este procedimiento de estimación en esta especie forrajera.

**Palabras clave:** hoja, modelo de regresión, área foliar, *B. brizantha*.

### ABSTRACT

In order to establish regression models to estimate leaf area from measuring the length and width of the sheet, a study was conducted with plants of *B. brizantha* cv Toledo from the farm Ave Maria located in San Genaro de Boconoito, Portuguesa. Leaf sampling was conducted at six months of established the pasture, 130 leaves of different plant were taken randomly. To determine the area, the shape of each leaf was traced on a graph paper, without causing damage or destruction of tissue, and the area encompassed within the perimeter of the leaf was counted. The information obtained was processed through single and multiple regressions analysis. Highly significant regression coefficients were obtained for almost all adjustments made from the length and width of leaves. Through the equation:  $\hat{y} = b_0 + b_3 X_3$ , where  $b_0$  = constant;  $b_3 X_3$  = length by width of leaves, the largest regression coefficient (0.67), and the largest adjustment ( $R^2 = 0.95$ ) were obtained. The length and width measurement of the leaf and its adjustment through that linear model, can efficiently estimate the leaf area of *B. brizantha* cv. Toledo. The high setting found between the linear equation and leaf area and no violation of assumptions, makes appropriate and reliable this procedure of estimation in this forage species.

**Key words:** leaf, regression model, leaf area, *B. brizantha*.

(\*) Recibido: 10-03-2016

Aceptado: 01-09-2016

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare. 3350, Po. Venezuela. njvalbuena@hotmail.com; eloycarlos1@hotmail.com.

<sup>2</sup> Agropecuaria La Laguna. Guanare. 3350. Portuguesa. Venezuela. luislinares06091@hotmail.com.

<sup>3</sup> Inversiones Orinoco C.I. Barcelona. 6001. Anzoátegui. Venezuela. ramosperez47k@hotmail.com.

<sup>4</sup> Banco de la Comunidad. Bogotá. 11001000. Colombia. jfernando-cv@hotmail.com.



## INTRODUCCIÓN

Las hojas son los principales órganos donde se desarrolla el proceso fotosintético, por lo que el área foliar es la mejor medida para determinar la capacidad fotosintética de un cultivo determinado. Este parámetro es importante para cualquier estudio que se realice acerca del crecimiento y desarrollo, así como de la productividad de una especie vegetal (Fernández y Arias 1989).

Existen diversos procedimientos para la determinación del área foliar, desde modernos y automáticos equipos como planímetros ópticos, hasta laboriosos y tediosos métodos de laboratorio como el planímetro mecánico. Cuando las plantas son consideradas de manera individual, las medidas lineales de la hoja pueden utilizarse en relaciones funcionales (Simón y Trujillo 1990). Por ser los primeros muy costosos y requerir los segundos prolongados períodos de tiempo, muchos investigadores han tratado de desarrollar procedimientos de fácil ejecución para la determinación del área foliar de diferentes especies. De esos intentos han resultado relaciones sencillas como el caso de Montgomery (1911), quien encontró la relación largo de la hoja por ancho máximo de la hoja por 0,75 como un método para determinar área foliar en maíz y el cual ha sido ampliamente utilizado en este cultivo. Por su parte, Stickler *et al.* (1961) determinaron que la relación largo por ancho máximo por 0,74 es significativamente precisa en la determinación del área foliar del sorgo para grano, independientemente de la variedad o híbrido estudiado. El área foliar guarda relaciones significativamente consistentes con sus medidas lineales, las cuales pueden establecerse mediante ecuaciones de regresión, como lo reportaron Elsner y Jubb (1988), quienes estimaron el área foliar mediante modelos lineales simples en hojas de vid (*Vitis vinifera*). Ascencio (1985) determinó el área foliar en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y camote (*Ipomoea batatas* L. Parr), utilizando dimensiones lineales y peso seco de hojas. De igual forma, Fonseca *et al.* (1994) estimaron el área foliar en hojas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom). Estas ecuaciones se pueden utilizar para estimar el

área foliar a partir de esas medidas lineales fácilmente obtenibles (Del Pozo *et al.* 1998).

Existen numerosos trabajos que demuestran la utilidad del método, especialmente, en cultivos semestrales (De Swart *et al.* 2004; Peksen 2007), en cultivos hortícolas (Cittadini y Peri 2006; Mendoza de Gyves *et al.* 2007) y en algunas plantas leñosas (Broadhead *et al.* 2003; Singh 2007).

Sin embargo, en gramíneas forrajeras tropicales son escasos los estudios efectuados para determinar el área foliar y su relación con la potencialidad y productividad. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar modelos de regresión para estimar el área de las hojas de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a partir de la medición del largo y ancho de la lámina foliar.

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó en una parcela monoespecífica de *B. brizantha* cv. Toledo en la finca Ave María localizada en el municipio San Genaro de Boconito, ubicada entre 982435 – 979489 Oeste y 405254 – 408430 Norte. El suelo característico del lugar es orden Inceptisol suborden Ustepts y familia oxyaquic Haplustept Francoso fino, mixto, isohipertérmico. Para el establecimiento del pasto se preparó el suelo con cuatro pases de rastra (28 discos). La densidad de siembra de 100.000 plantas/ha (0,50 m entre hileras y a chorro corrido entre plantas). Se aplicó una fertilización básica de 150 kg de fórmula completa (15-15-15) incorporada en el último pase de rastra.

Los muestreos se realizaron a los seis meses de establecida la especie forrajera, se recolectaron 130 hojas escogidas al azar de plantas de diferentes tamaños y posiciones de los tallos. A cada hoja se determinó largo (L) desde la lígula hasta el ápice y ancho (A) en el punto medio del largo de la hoja, se utilizó una regla en centímetros. Se calcó sobre un papel milimetrado la silueta de cada lámina foliar sin causar daño ni destrucción del tejido; posteriormente se midió el área foliar (AF) contando directamente los cuadros englobados en el perímetro de la hoja (Schaeffer-Noveli y Cintron 1986).

Los modelos estudiados fueron:  $\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$  (lineal completo),  $\hat{y} = b_0 + b_3 X_3$  (lineal simple) y  $\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_4 X_4 + b_5 X_5$  (polinomio de tercer grado); donde  $\hat{y}$  define el área foliar predicha. La información se procesó estadísticamente a través de análisis de regresión simple y múltiple mediante el programa Statistix versión 8.0, utilizando el largo ( $X_1$ ), el ancho ( $X_2$ ) y el producto largo por ancho ( $X_1 X_2 = X_3$ ), largo2 ( $X_4$ ) y ancho3 ( $X_5$ ) como variables independientes y el área foliar como variable dependiente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores del área foliar indicaron alta correlación ( $P < 0,01$ ) lineal (Tabla 1) con el largo y el ancho de la lámina foliar, por lo que es posible la evaluación y establecimiento de ecuaciones de regresión que permitan la estimación rápida del área foliar con buena precisión. Cuando se multiplicó el ancho por el largo, los coeficientes de determinación fueron superiores, lo que indica mayor grado de ajuste y de precisión en las estimaciones. Esta respuesta coincide con lo encontrado por Cittadini y Peri (2006) en cerezas y Singh (2007) en guayaba.

Estos resultados coinciden con lo informado por Penton *et al.* (2006), quienes encontraron

correlación significativa entre largo y ancho de la hoja y el área foliar en Morera (*Morus alba* var. acorazonada). Al realizar el estudio de regresión lineal, se encontró un modelo lineal completo que cumplió con los supuestos de normalidad de errores, efectos no lineales y homogeneidad de varianzas, se detectaron siete valores atípicos “outliers” que fueron tratados y excluidos. Luego se procedió a evaluar tres modelos; dos lineales y uno polinómico, los cuales se presentan en la Tabla 2. El modelo que mejor se ajustó fue el lineal  $\hat{y} = b_0 + b_3 X_3$ , que presentó valores de  $R^2 = 0,95$ , superior al modelo lineal múltiple y similar al polinómico, pero este último, aunque corrige el efecto no lineal, aumenta los valores de VIF por encima de 10, que es negativo para la estabilidad del modelo. Estos resultados permiten sugerir el modelo lineal con  $X_3$  (largo x ancho) como mejor alternativa, ya que corrige los problemas de efectos no lineales y mantiene los  $VIF < 10$ .

El examen de residuales del modelo lineal completo, mostró un estadístico  $W = 0,99$ , que indicó normalidad de los errores del modelo. En la Fig. 1 se muestra que la distribución de los errores no es muy uniforme en el eje  $Z = 0 \pm 2,7$ , lo que demostró la presencia de efecto no lineal de alguna de las variables, lo que pudo corregirse con una transformación lineal y con modelo polinómico. En

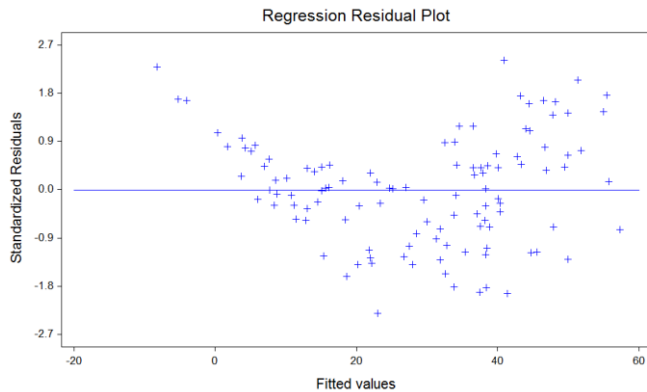
**Tabla 1.** Modelos de regresión evaluados para el ajuste de los datos.

Modelo	Variables	Coefficiente de regresión	Significancia (Probabilidad)
Lineal múltiple $\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$	Largo de hoja ( $X_1$ ) Ancho de hoja ( $X_2$ )	0,724 22,211	0,00 0,00
Lineal simple $\hat{y} = b_0 + b_3 X_3$	Largo x Ancho ( $X_3$ )	0,676	0,00
Polinómico $\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5$	Largo ( $X_1$ ) (Largo) <sup>2</sup> = $X_4$ (Ancho) <sup>3</sup> = $X_5$	0,515 0,004 4,265	0,00 0,01 0,00

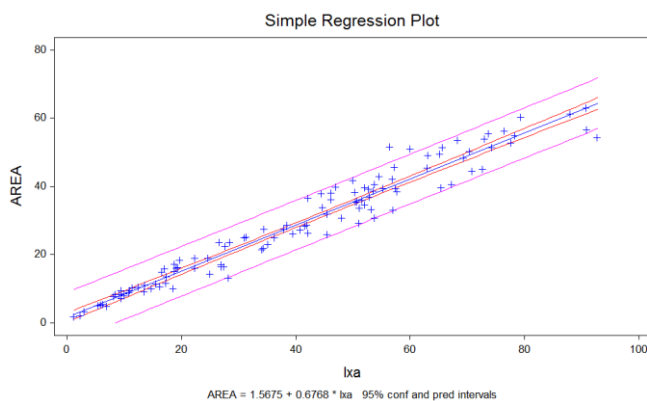
**Tabla 2.** Ecuaciones de regresión seleccionadas para la estimación del área foliar.

Modelo	Lineal	Lineal	Polinómica
	$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$	$\hat{y} = b_0 + b_3 X_3$	$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_4 X_4 + b_5 X_5$
$R^2$	0,928	0,950	0,947
F	708,42 **	2131,1 **	650,97 **
$b_0$ , Constante	-18,679	1,567	-1,744
$b_1$ , Largo	0,7594		0,515
$b_2$ , Ancho	19,93		
$b_3$ , Largoxancho		0,676	
$b_4$ , Largo <sup>2</sup>			0,004
$b_5$ , Ancho <sup>3</sup>			4,265

la Fig. 2 se muestra que al aplicar la transformación en largo x ancho ( $X_1 * X_2 = X_3$ ), no es necesario probar modelos distintos al lineal, ya que la banda de confianza de 95 %, incluye casi en su totalidad los valores reales de área foliar.



**Figura 1.** Distribución de residuales estandarizados alrededor del eje Z=0.



**Figura 2.** Modelo propuesto como mejor alternativa e intervalos del 95 y 99% para los valores predichos.

## CONCLUSIONES

La relación largo por ancho provee una forma sencilla para estimación del área foliar en pasto *B. brizantha* cv. Toledo, cuando se consideren longitudes de hoja entre 3,2 y 59 cm y anchos de hoja entre 0,4 y 2,0 cm.

Los resultados obtenidos permiten estimar eficientemente el área foliar en *B. brizantha* cv. Toledo, utilizando ancho y largo de la hoja, mediante la ecuación de regresión lineal  $\hat{y} = b_0 + b_3 X_3$ , ( $X_3 =$  largo x ancho de la hoja).

## REFERENCIAS

- Ascencio, J. 1985. Determinación del área foliar en plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y batata (*Ipomoea batata* L.) utilizando dimensiones lineales y peso seco de hojas. Turrialba 35: 55-64.
- Broadhead, J., Muxworthy, A., Ong, C. and Black, C. 2003. Comparison of methods for determining leaf area in tree rows. Agric. Forest. Meteorol. 115:151-161.
- Cittadini, E. and Peri, P. 2006. Estimation of leaf area in sweet cherry using a non-destructive method. RIA. 35(1):143-150.
- De Swart, E., Groenwold, R., Kanne, H., Stam, P., Marcellis, L. and Voorrips, R. 2004. Non-destructive estimation of leaf area for different plant ages and accessions of *Capsicum annum* L. J. Hortic. Sci. Biotech. 79:764-770.
- Del Pozo, P., Herrera, R., Chávez, D. y Fernández, L. 1998. Estimación del área foliar del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) a partir de mediciones lineales de sus hojas. Cultivos Tropicales 19 (2):23-26.
- Elsner, E. and Jubb, G. 1988. Leaf area estimation of concord grape leaves from simple linear measurements. American J. Enol. and Vitic. 39: 95-97.
- Fernández, M. y Arias, E. 1989. Estimación del área foliar en plantas de cultivo: Parte II. Boletín de Reseñas, Suelos y Agroquímica, Edición CIDA, La Habana. 52 pp.
- Fonseca, C., De Conde, R. e Da Fonseca, C. 1994. Estimativa da área foliar em mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom). Pesquisa Agropecuaria Brasileira 29: 593-599.
- Mendoza De Gyves, M., Roupael, Y., Cristofoti, V. and Mira, F. 2007. A non-destructive simple and accurate model for estimating the

individual leaf area of kiwi (*Actinidia deliciosa*). Fruits 62:171- 175.

Montgomery, E. 1911. Correlation studies of com. Nebraska Agricultural Station Annual Report, Lincoln. 24:108-159.

Peksen, E. 2007. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). Scientia Hort. 113:322-328.

Penton, G., Torres de la Noval, W. y Martin, G. 2006. Nota técnica. Estimación del área foliar a partir de observaciones morfológicas convencionales en *Morus alba* var. Acorazonada. Pastos y Forrajes 29(3) 247.

Schaeffer-Noveli, Y. e Cintron, G. 1986. Guia para estudos de áreas de manguezal: estrutura, função e flora. Caribbean Ecological Research, São Paulo, 150 pp.

Simón, M. y Trujillo, A. 1990. Determinación del área foliar en cinco clones de ocumo (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) O. Schott). Rev. Fac. Agron. 16: 147-158.

Singh, A. 2007. Approximation of leaf area by using leaf dimensions in guava. I International Guava Symposium. Acta Hort. 735:321-324.

Stickler, F., Wearden, S. and Pauli, A. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agr. J. 53: 187-188.

# ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO MINERAL CON POLVO DE HORNO DE CEMENTO Y GALLINAZA\*

## Preparation and characterization of mineral organic fertilizer with cement kiln dust and chicken manure

Ricardo Orellana<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de elaborar y determinar la composición química de un fertilizante orgánico mineral, se utilizaron 12 reactores tipo Batch para compostaje de gallinaza con adición de polvo de horno de cemento (CKD). El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: 50-50-0 (T1), 45-45-10 (T2), 40-40-20 (T3), 35-35-30 (T4) de gallinaza-agua-CKD. Durante el proceso de compostaje se determinó cada tres días pH, temperatura y relación C/N. Los parámetros medidos en el fertilizante fueron materia orgánica, pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, nitrógeno y carbono. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para todos los parámetros a excepción de cobre. Los resultados indicaron que T3 y T4 presentaron pH alcalino, similar contenido de MO, N, P, Ca, Mg y micronutrientes; mientras que T2 presentó pH neutro y mayor contenido de N, P, Ca, Mg, Fe y Zn que T3 y T4.

**Palabras clave:** compostaje, mezcla, fertilizante.

### SUMMARY

In order to elaborate and to determine the chemical composition of a mineral organic fertilizer, 12 Batch reactors were used for composting chicken manure with addition of cement kiln powder (CKD). The experimental design was completely randomized with four treatments and four repetitions. The treatments were: 50-50-0 (T1), 45-45-10 (T2), 40-40-20 (T3), 35-35-30 (T4) of chicken manure-water-CKD. During the composting process, pH, temperature and C / N ratio were determined every three days. The parameters measured in the fertilizer were organic matter, pH, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese, copper, zinc, boron, nitrogen and carbon. Significant differences between treatments for all parameters except copper were found. The results indicated that T3 and T4 showed alkaline pH, similar content of OM, N, P, Ca, Mg and micronutrients, while T2 presented neutral pH and higher content of N, P, Ca, Mg, Fe and Zn with respect to T3 and T4.

**Key words:** compost, mix, fertilizer.

(\*) Recibido: 11-02-2016

Aceptado: 07-11-2016

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. rj1961ore@hotmail.com.

## INTRODUCCIÓN

El manejo de los desechos sólidos de origen animal e industrial ha adquirido especial importancia debido a que constituye uno de los mayores problemas ambientales a nivel mundial. En Venezuela, las excretas provenientes de la cría de gallinas ponedoras carecen de un adecuado tratamiento, que permita su transformación en un producto estable que no origine problemas ambientales, pero aun así es comercializado como abono orgánico. Una alternativa a este problema es el compostaje, el cual representa una tecnología viable y sostenible para el tratamiento de este residuo.

Por su parte, la industria cementera produce un desecho denominado CKD, material fino, mezcla de piedra caliza, óxido cálcico, minerales del cemento y a veces también cemento totalmente cocido. Según la consultora ESTRUCPLAN (2015) en el proceso se originan 19,3 mg kg<sup>-1</sup> de CKD y dado que en Venezuela se producen 8,8 millones de toneladas/año de cemento según lo indicado por Prensa MinIndustria (2013), se generarían 169.840.000 kg de desecho CKD/año.

Una alternativa para solucionar esta problemática ambiental consiste en revalorizar estos dos productos, que pueden constituir materia prima para producción industrial de abonos orgánicos y órgano-minerales de calidad. En el presente trabajo se ha estudiado la composición química resultante del compostaje de la gallinaza añadiendo y mezclando CKD rico en potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc. El uso de CKD ha sido probado en países como Australia, Nueva Zelanda y Singapur en la producción de un material útil para la agricultura, específicamente para suelos de pH bajo (ZAUBACORP 2015).

Los fertilizantes orgánico minerales constituyen una alternativa en el manejo ecológico

de los suelos (Louis *et al.* 2006). Pruebas de campo han demostrado la eficacia de cada formulación y el ajuste final de la cinética de estabilidad de las mezclas y de la relación costo/beneficio. La obtención de productos orgánicos reforzados con minerales, resultan competitivos en el mercado de los fertilizantes (Murillo 2014). El objetivo de este trabajo fue elaborar y determinar la composición química de un fertilizante orgánico mineral con gallinaza y adición de polvo de horno de cemento sometido a compostaje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se ejecutó en las instalaciones de la UNELLEZ-Guanare. Para el compostaje de la gallinaza y el CKD se utilizaron 12 reactores tipo Batch. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron: 50-50-0 (T1), 45-45-10 (T2), 40-40-20 (T3), 35-35-30 (T4) de gallinaza-agua-CKD. El control del proceso de compostaje para establecer la madurez y estabilidad del producto final se hizo mediante lectura cada tres días de: pH, temperatura y relación C/N hasta que estos parámetros se estabilizaron en valores de 6,5-7,5; 25 °C y 20:1 respectivamente. Las características químicas del CKD y Gallinaza fueron determinadas en el laboratorio de análisis y procesamiento de suelos de la UNELLEZ en Guanare y se muestran en la Tabla 1.

Los parámetros medidos en el fertilizante orgánico mineral fueron: materia orgánica (Wlakley-Black), pH (potenciómetro), fósforo (Colorimetría Vanadato - Molibdato), potasio (acetato de amonio – fotometría de llama), calcio y magnesio (acetato de amonio – absorción atómica), hierro, manganeso, cobre y zinc (absorción atómica), nitrógeno (Semi-Micro

**Tabla 1.** Características químicas del CKD y Gallinaza.

CKD	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	pH	Eq. CaCO <sub>3</sub>
	Mg.kg <sup>-1</sup>							H <sub>2</sub> O	%
	35000	11397	300	140	2	4	1	13,1	74,9
Gallinaza	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	%			mg. kg <sup>-1</sup>					
	3,09	0,32	4,69	0,26	0,07	2500	175	75	1350

Kjeldahl), carbono (Combustión húmeda).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados indicó que hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). El testigo (T1) presentó mayor ( $P < 0,05$ ) contenido de MO, N, P, Mn y Zn. Por su parte T3 y T4 presentaron pH alcalino y similar contenido de MO, macro y micronutrientes excepto para K y Fe; mientras que T2 presentó pH neutro, mayor contenido de N, P, Ca, Mg, Fe y Zn que T3 y T4. Se encontró que el contenido Ca, Mg y Fe se incrementó significativamente al aplicar 10 % de CKD, pero disminuyó cuando se incluyeron proporciones más altas de CKD.

Por otra parte, la aplicación de 20 % de CKD produjo un incremento de 5,1 unidades de pH en el fertilizante orgánico mineral, producto posiblemente de la acción del  $\text{CO}_3^{-2}$  contenido en el CKD, que al hidrolizarse libera iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) el cual aumenta el pH (González *et al.* 2003). La presencia de estos iones permite explicar la disminución significativa del contenido de Ca y Mg en los tratamientos T3 y T4, dado que el  $\text{Mg}^{+2}$  reacciona con el  $\text{OH}^-$  para formar  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$  y Ca con  $\text{OH}^-$  para formar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que al contacto con el aire pasa a formar  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , los cuales precipitan. Esta reacción posiblemente se potencia por el efecto del aumento de la concentración de MgO y CaO en T3 y T4; lo cual obedece a la ley de acción de masas y velocidad de las reacciones (Contreras 2004), que establece que la velocidad de una reacción es directamente proporcional a la concentración de los reactivos. De esta manera, se incrementa la

cantidad de  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$  y  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  precipitados en la reacción final.

El contenido de nitrógeno en el fertilizante sufrió fuerte disminución al incrementar la cantidad de CKD, posiblemente como consecuencia de que es utilizado en la respiración por las bacterias en ambiente anaeróbico, se convierte en gas y pasa nuevamente a la atmósfera, lo cual coincide con lo informado por Muñoz (2011), quien encontró que en la evolución del proceso de compostaje se produce un aumento del pH, disminución de la MO y pérdidas apreciables de N.

Con respecto a potasio, la mayor concentración ocurrió en T3 y T4, lo cual pudiera estar relacionado con la disminución de las concentraciones de calcio y magnesio en la mezcla fertilizante, que afectó el balance de estas bases. Al respecto, Navarro y Navarro (2003) señalaron que los antagonismos entre  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$  y  $\text{K}^+$  no suelen presentarse cuando existe una debida proporción entre estos. Sin embargo, está demostrado que existe una relación directa entre la valencia del ión y la fuerza con que es retenido por los sitios de intercambio, así los cationes trivalentes se adsorben más firmemente que los bivalentes, y estos a su vez son retenidos con más fuerza que los monovalentes. En el caso de los tratamientos T3 y T4, al disminuir la concentración de los iones bivalentes ( $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ) su lugar en los puntos de cambio del coloide fueron ocupados por el ion monovalente  $\text{K}^+$ , razón por lo cual aumentó su contenido.

Por otra parte, el fertilizante orgánico mineral a base de CKD + Gallinaza presentó

**Tabla 2.** Composición química de los fertilizantes orgánicos minerales.

Parámetro	T1 (50-50-0)	T2 (45-45-10)	T3 (40-40-20)	T4 (35-35-30)
pH	6,9 b	6,9 b	12 a	11,6 a
MO (%)	7,3 a	6,5 b	6,3 b	6,2 b
N (%)	3,1 a	1,1 b	0,7 c	0,5 c
P (mg. $\text{kg}^{-1}$ )	220 a	213 a	43 b	24 b
K (mg. $\text{kg}^{-1}$ )	2846 c	3000 c	8100 a	6500 b
Ca (mg. $\text{kg}^{-1}$ )	2217 b	2926 a	1692 c	1692 c
Mg (mg. $\text{kg}^{-1}$ )	1027 b	1350 a	500 c	450 c
Mn (mg. $\text{kg}^{-1}$ )	62,7 a	54 b	16 c	17 c
Fe (mg. $\text{kg}^{-1}$ )	113 b	261 a	95 c	117 b
Zn (mg. $\text{kg}^{-1}$ )	67,3 a	64 a	18 b	20 b

valores inferiores a los reportado por Arreola-Enríquez *et al.* (2004) para Ca, K, Mg, N y P en un fertilizante orgánico mineral a base de cachaza. Sin embargo, T2 mostró mayor contenido de N con respecto a los señalados por Calero *et al.* (2009), mientras que T3 y T4 presentaron similares valores a los obtenidos por estos autores, quienes utilizaron una mezcla de caliza fosfatada con humus de lombriz, estiércol vacuno y porcino.

El fertilizante orgánico mineral resultante de la mezcla gallinaza y CKD sometida a compostaje permite proponer la utilización de este desecho en la actividad agro productiva. Sin embargo, es necesario realizar pruebas de respuesta de los cultivos y evaluar la reacción en el suelo ante la aplicación de este fertilizante orgánico mineral. De igual manera, es conveniente examinar el proceso de compostaje para asegurar la madurez y estabilidad del producto final, dado que el pH en los tratamientos T3 y T4 puede indicar que no se realizó completamente.

## CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para pH y contenido de MO, P, Ca, K, Mg, Fe, Mn, Zn y N.

El contenido de nitrógeno en el fertilizante disminuyó al incrementar la cantidad de CKD.

Al aplicar 10 % de CKD se incrementó significativamente el contenido de calcio, magnesio e hierro. Por encima de este porcentaje ocurrió disminución significativa de estos nutrimentos. La adición 20 % de CKD causó aumento significativo de pH y contenido de K en el fertilizante.

El fertilizante orgánico mineral resultante de la mezcla gallinaza y CKD sometida a compostaje permite proponer la utilización de este desecho en la actividad agro productiva.

## REFERENCIAS

- Arreola-Enríquez, J., Palma-López†, D., Salgado-García, S., Camacho-Chiu, W., Obrador-Olán, J., Juárez-López, F. y Pastrana-Aponte, L. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana* 22(3): 351-357.
- Calero, B., Rodríguez, M., Morales, A., Martínez, F. y Morejón, L. 2009. Biodegradabilidad de mezclas de caliza fosfatada con abonos orgánicos en un suelo ácido. *Cultivos Tropicales* 30(3): 05-09.
- Contreras, S. 2004. Reacciones Químicas. VI Escuela Venezolana para la enseñanza de la química. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de química. 91p.
- ESTRUCPLAN. 2015. Impacto ambiental y actividades productivas. Cemento, cal, yeso. Salud, seguridad y medio ambiente en la industria. En: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=258> [septiembre de 2015].
- González, P., Fernández, R., Serrano, R. y Fernández, A. 2003. Cambios en el pH del perfil de un suelo ácido cultivado y enmendado con diversos materiales para incrementar su fertilidad. *Estudios de la zona no saturada del suelo* 6(1):12-19.
- Louis, C., Garrido, M., Causse, A. y Reyes, F. 2006. Fertilizantes organominerales, una alternativa en el manejo ecológico de los suelos ferralíticos rojos de la Habana. *Mapping* 114: 91-96.
- Muñoz, G. 2011. Elaboración a escala pre-industrial de enmiendas y abonos orgánicos sólidos y líquidos mediante co-compostaje de orujo de oliva en dos fases. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 212 p.
- Murillo, O. 2014. Mezclas Mineral Orgánicas: Importancia, Utilización e Incorporación en los esquemas de Fertilización de la Agricultura del País. En: <http://abonamos.com/mezclas-mineral-organicas-importancia-utilizacion-e-incorporacion-en-los-esquem>



as-de-fertilizacion-de-la-agricultura-del-pais  
[septiembre de 2015].

Prensa MinIndustria 2013. Producción de cemento en Venezuela se mantiene estable. Ministerio del Poder Popular para la Comunicación y la Información. En: <http://www.correodelorinoco.gob.ve/nacionales/produccion-cemento-venezuela-se-mantiene-estable>. [septiembre de 2015].

Navarro, B. y Navarro, G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 487 p.

Zaubacorp. 2015. N-viro abono india private limited. En: <https://translate.google.co.ve/translate?hl=es&sl=en&u=https://www.Zaubacorp.com/company/n-viro-fertilizer-india-private-limited/u24100gj2013ptc073753&prev=search>. [septiembre de 2015].

# EVALUACIÓN FISIOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE CLONES PROMISORIOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) SOMETIDOS A CONDICIONES DE ESTRÉS POR SEQUÍA\*

## Physiological and agronomic evaluation of promising cassava (*Manihot esculenta* Crantz) clones under drought stress conditions

Rommel León<sup>1</sup>, Mercedes Pérez<sup>1</sup>, Francia Fuenmayor<sup>1</sup>, María Gutiérrez<sup>1</sup>, Adrián Rodríguez<sup>1</sup>, Gustavo Rodríguez<sup>2</sup> y Carlos Marín<sup>1</sup>

### RESUMEN

En Latinoamérica, el 45% del área total de cultivo de yuca proviene de zonas con estrés hídrico o con lluvias esporádicas. Adicionalmente, el potencial de expansión futuro del cultivo está ubicado en zonas marginales. Sin embargo, después de 45 días de estrés por déficit de agua el cultivo disminuye el crecimiento del tallo, incrementa la caída de las hojas, disminuye la conductancia estomática y el rendimiento. Esta investigación se planteó con el objetivo de evaluar el comportamiento fisiológico y agronómico en clones de yuca bajo condiciones de sequía. Para ello se realizó un diseño en franja, se evaluaron cuatro clones de yuca y cuatro tratamientos de riego (25; 50; 75 y 100% de la evapotranspiración del cultivo (Etc)). Los resultados más relevantes fueron: 1) Las plantas de yuca disminuyeron la conductancia estomática, y por ende la pérdida de agua por transpiración y permitieron el intercambio de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis bajo condiciones de déficit de agua; los clones 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' sobresalieron fisiológicamente; de igual manera los riegos 50 y 100% Etc promovieron buen desempeño fisiológico en las plantas de yuca; 2) los clones 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' y los riegos 50 y 100% Etc provocaron el mejor desempeño en la altura de la planta y 3) en función del rendimiento, se podría recomendar cualquiera de los clones evaluados y el riego 25% Etc.

**Palabras clave:** *Manihot esculenta*, intercambio gaseoso, estrés hídrico, riego.

### ABSTRACT

In Latin America, 45% of the total area of cassava comes from areas with water stress or sporadic rainfall. In addition, the potential for future expansion of the crop is located in marginal areas. However, after 45 days of stress due to water deficit the crop decreases stem growth, increases leaf fall, decreases stomatal conductance and yield. This research was carried out with the objective of evaluating the physiological and agronomic behavior in cassava clones under drought conditions. The statistical design was on strip, to evaluate four clones and four irrigation treatments (25; 50; 75 and 100% of the evapotranspiration of cultivate (Etc)). The most relevant results were: 1) Cassava plants decreased stomatal conductance, and therefore water loss by transpiration and allowed the exchange of CO<sub>2</sub> for photosynthesis under water deficit conditions; the 'Guajira 3' and 'Bolívar 32' clones protruded physiologically; likewise irrigations 50 and 100% Etc caused a good physiological performance in cassava plants; 2) clones 'Guajira 3' and 'Bolívar 32' and irrigation 50 and 100% Etc caused the best performance in plant height and 3) depending on the performance, any of the evaluated clones could be recommended and irrigation 25% Etc.

**Key words:** *Manihot esculenta*, exchange gas, water stress, irrigation.

(\*) Recibido: 05-07-2016

Aceptado: 09-11-2016

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay, estado Aragua. Venezuela. leonr745@hotmail.com; rleon@inia.gob.ve.

<sup>2</sup> Universidad Central de Venezuela, UCV, Facultad de Agronomía, Maracay Apdo. 4653.

## INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es cultivada por pequeños agricultores en más de 100 países tropicales y subtropicales. Debido a uso eficiente del agua, nutrientes del suelo, tolerancia a sequía y plagas esporádicas, la yuca puede producir rendimientos aceptables, con pocos o ningún insumo, en áreas con suelos pobres y lluvias erráticas (FAO 2013). En Venezuela, la yuca dentro del renglón de las raíces y tubérculos es el cultivo con la mayor superficie cosechada y consumo *percapita*, alrededor de 57 mil hectáreas y 13,6 kg. persona<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> (FEDEAGRO 2012).

A pesar de ello, los agricultores siembran la yuca normalmente a entrada de lluvias, por lo que la segunda mitad del ciclo fenológico queda con deficiencia hídrica al comenzar la época seca, por lo que disminuye la productividad; la primera fase fenológica es sensible a la sequía y provoca el cierre parcial de las estomas en detrimento de la fotosíntesis y el crecimiento vegetativo (Caraballo y Velásquez 1997; El Sharkawy 2003).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento fisiológico y agronómico en cuatro clones de yuca ('Guajira 3', 'Mven 77-3', 'Concha Rosada' y 'Bolívar 32') y cuatro volúmenes de riego (25; 50; 75 y 100% ETc).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características generales del área de estudio

El estudio se realizó en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP), Maracay, estado Aragua; ubicado en zona de Bosque Seco Tropical Premontano, 10°17'14" N y 67°36'02" O, altura 480 msnm.

La fecha de siembra fue enero de 2014 y la precipitación durante todo el ciclo del cultivo fue 509,5 mm; el 62,17 % ocurrió en los últimos tres meses (Junio-Agosto). La evapotranspiración potencial (ET<sub>p</sub>) promedio anual, calculada por el método de Penman-Monteith fue 1556,8 mm.

El clima de la zona está clasificado como Bosque Seco Tropical (Ewel *et al.* 1976), con un promedio anual de radiación global de 18,5 Mjm<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> con valores máximos de 20,7 Mjm<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> en marzo y mínimo de 17,2 Mjm<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> en noviembre.

El cultivo se sembró en un lote con suelo de textura franco-limoso; el análisis químico del lote para fósforo fue 57 mg.kg<sup>-1</sup>; potasio 111 mg.kg<sup>-1</sup>; calcio 600 mg.kg<sup>-1</sup>; magnesio 21 mg.kg<sup>-1</sup>; materia orgánica 2,76 %; pH 6,1 y conductividad hidráulica de 0,13 dS.m<sup>-1</sup> (Unidad de servicio de análisis de suelo-agua-planta del CENIAP).

### Material vegetal

Se estudiaron cuatro clones de yuca: 'Guajira 3', 'Mven 77-3', 'Concha Rosada' y 'Bolívar 32', previamente seleccionados en función de su comportamiento potencial favorable frente a la sequía.

### Descripción del Experimento

Se sembró a un metro entre plantas y entre hileras, se obtuvo un área total de ensayo de 540 m<sup>2</sup>. El riego utilizado fue por goteo, con un tanque de 2000 L de capacidad y bomba de 1 hp, usando cintas de goteo con descarga de 0,7 L.h<sup>-1</sup> y frecuencias de riego de dos veces por semana. Para los cálculos de las necesidades hídricas se utilizó el programa Riego a la Carta desarrollado por el Profesor Roberto Villafañe de la cátedra de Riego y Drenaje de La Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Para ello, se llevó un registro de la E<sub>t</sub> y precipitación con el apoyo de la estación climatológica ubicada en el campo experimental.

Durante el establecimiento y desarrollo inicial del cultivo se garantizó 100% del requerimiento hídrico, lo cual duró dos meses; del tercer al octavo mes de establecido el cultivo se aplicó restricción hídrica (25; 50; 75 y 100% ETc).

Los coeficientes de cultivo (kc) se aplicaron en cada fase fenológica de acuerdo con lo propuesto por Allen *et al.* (2006). El experimento duró ocho meses y las mediciones se realizaron al cuarto, sexto y octavo mes.

## Diseño del experimento

Se aplicó un diseño en franjas, con tres repeticiones, la franja principal estuvo conformada por manejo del riego y la franja secundaria por clones.

Los factores clones ('Guajira 3', 'Mven 77-3', 'Concha Rosada' y 'Bolívar 32') y riegos (100; 75; 50 y 25% Etc) se aleatorizaron en tres repeticiones. Cada unidad experimental representó un área total de 15 m<sup>2</sup> con 15 plantas.

## VARIABLES FISIOLÓGICAS ESTUDIADAS

**Grado de verdor (unidades spad):** se evaluó con el medidor de clorofila Spad 502 Konica Minolta. El grado de verdor (spad) está asociado con el contenido de clorofila en la hoja. Se tomaron dos plantas y dos hojas/planta de la quinta hoja totalmente expandida en sentido ápice base, por cada unidad experimental al cuarto, sexto y octavo mes de medición.

**Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), conductancia estomática ( $\text{mmol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y transpiración ( $\text{mmol H}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ):** estas variables fueron medidas en las horas comprendidas desde las 10:00 hasta las 13:00 (De Tafur 2002), utilizando un Analizador Infrarrojo de Gases CI-340 Photosynthesis Systems, en dos hojas/planta, de la quinta hoja totalmente expandida en sentido ápice base para cada unidad experimental.

**Potencial hídrico xilemático (MPa):** se midió en las horas comprendidas entre las 11:00 y 13:00; se tomaron cuatro hojas de la última totalmente expandida en el sentido de la parte basal de la planta hasta la parte apical del tallo en cada unidad experimental, previamente tapada con papel de aluminio por 30 minutos (Celedón et al. 2012), para luego ser llevada al equipo (Bomba de Scholander o cámara de presión) (Scholander et al. 1965).

## VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS

**Área foliar (cm<sup>2</sup>):** se cortaron dos hojas por planta en cada unidad experimental, a los cuatro, seis y ocho meses de edad del cultivo y fueron llevadas al laboratorio, donde luego se escanearon

y procesaron con el programa Image J (Rincón et al. 2012).

**Número de hojas:** se contó el número de hojas de cuatro plantas del hilo central por unidad experimental, desde la parte basal de la planta hasta la apical del tallo al cuarto, sexto y octavo mes de medición.

**Altura de planta (cm):** se midió la altura de cuatro plantas del hilo central por unidad experimental desde la parte basal de la planta hasta la parte apical del tallo central. Las cuatro plantas se utilizaron en todo el experimento.

**Altura de primera ramificación (cm):** se midió la altura de cuatro plantas del hilo central por unidad experimental desde la parte basal de la planta hasta la primera ramificación del tallo.

**Rendimiento (g):** en cada unidad experimental se cosecharon cuatro plantas del hilo central al octavo mes, se determinó el número y peso de raíces frescas totales y comerciales (raíces mayores a 20 cm de largo y mayores a 4 cm de diámetro) (Montaldo 1996).

**Análisis de datos:** Previa comprobación exigidos por el análisis de la varianza, se empleó el modelo lineal aditivo de un diseño en franja y cuando hubo diferencias entre promedios se aplicó comparación prueba de medias de Tukey, con un nivel de significancia de 5 %. Los datos a las variables sobre rendimiento no siguieron distribución normal, por ello, se procedió a transformarlos a escala y se analizaron por la vía no paramétrica. Se utilizó el programa Infostat, versión estudiantil (Di Rienzo et al. 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del déficit por sequía en las variables fisiológicas.

#### Grado de verdor (spad)

Esta variable es de suma importancia, ya que el fundamento del método se basa en las estrechas relaciones que existen entre las lecturas del medidor spad y el contenido de clorofila y esta

última a su vez está asociada a la fotosíntesis y a los componentes de rendimiento (Gandrup *et al.* 2004).

No hubo interacción riego x clon, tampoco hubo diferencias ( $P>0,05$ ) entre restricciones hídricas, con valores promedios al cuarto, sexto y octavo mes de 47,6; 50,4 y 41,7, respectivamente. Por lo que se puede interpretar, que las plantas de yuca se adaptaron a las distintas restricciones hídricas y mantuvieron contenido de clorofila similar en las hojas, lo cual es característico de la especie.

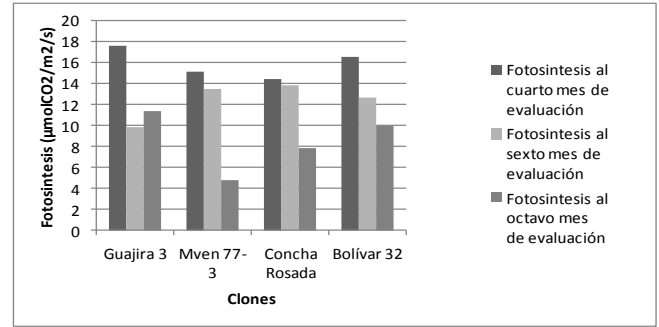
Sin embargo, al cuarto mes hubo diferencias significativas entre los clones, se destacaron los genotipos ‘Guajira-3’, ‘Mven 77-3’ y ‘Concha Rosada’, con valores que oscilaron entre 49,37 y 49,44 spad.

Barbosa (2013) reportó menores valores de spad para la estación seca en comparación con la temporada de lluvias en clones de yuca; con valores que oscilaron entre 32,10 y 56,48 spad.

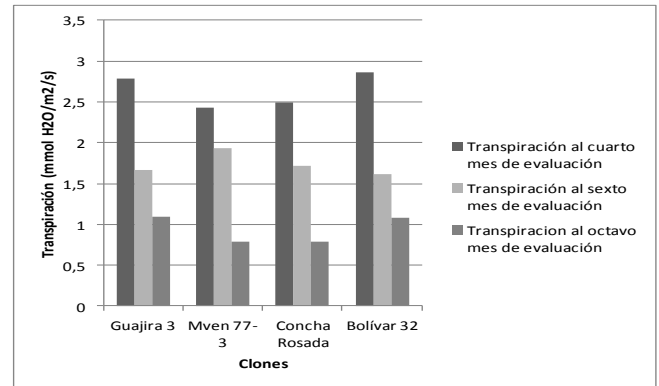
Los diferentes resultados que se observan en la medición de esta variable se deben a que es afectada por numerosos factores como: genotipo, estado de crecimiento, estado nutricional de la planta, enfermedades o ataques de insectos y condiciones ambientales como humedad y temperatura (Schepers *et al.* 1992).

**Intercambio Gaseoso. Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), conductancia estomática ( $\text{mmol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) y transpiración ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )**

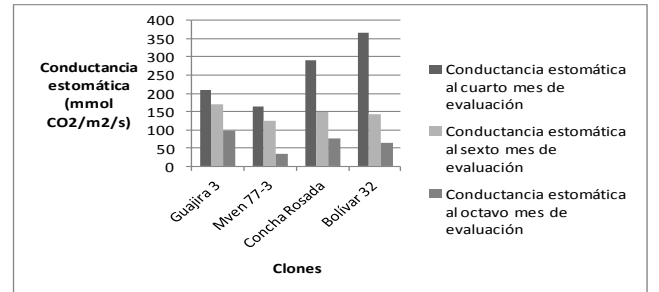
Los clones no mostraron diferencias significativas para estas variables, con valores que no superaron  $18 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  para la tasa de fotosíntesis. Sin embargo, hubo tendencia a disminuir en la medida que transcurría el ciclo fenológico del cultivo y el más sensible fue el clon ‘Mven 77-3’, ya que en toda la fenología alcanzó disminución más importante para la variable conductancia estomática y por ende provocó disminución en la transpiración e intercambio gaseoso de  $\text{CO}_2$  (Figura 1).



(A)



(B)



(C)

**Figura 1.** Tasa de fotosíntesis (A), transpiración (B) y conductancia estomática (C) en tres etapas del cultivo en cuatro clones de yuca.

No hubo efectos significativos ( $P>0,05$ ) de riegos sobre la tasa de fotosíntesis al cuarto, sexto y octavo mes de medición. Sin embargo, cuando se aplicó el riego 25% Etc se observaron valores más bajos para el cuarto y sexto mes de evaluación, con valores que oscilaron entre 8 y  $13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ; mientras que al octavo mes en todos los tratamientos ocurrió disminución en la tasa de fotosíntesis, producto del cierre de los estomas provocados por el exceso de humedad causado por la alta precipitación ocurrida ese mes, con valores por debajo de  $8 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . A pesar de ello, hay que destacar que la tasa de fotosíntesis más altas las tuvieron las plantas cuyo riego fue 100 y

50% Etc, con valores entre 14,17 y 20,1  $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , este último riego (50 % Etc) provocó valores similares para conductancia estomática y la transpiración al cuarto y sexto mes de medición, lo que indica que regar con el 50% del Etc del cultivo es suficiente para mantener el equilibrio fisiológico en las plantas.

El-Sharkawy (2012) y León *et al.* (2014) indicaron en ambientes con períodos de precipitación estacional y con valores mayores a 900 mm/año, tasa de fotosíntesis entre 25 y 31  $\text{CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  en cultivares de yuca; mientras que en ambiente semiárido y con lluvias menores a 600  $\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$ , las tasas de fotosíntesis variaron desde 7 hasta 20  $\text{CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  entre los clones evaluados. Estos autores afirman que la capacidad fotosintética de la yuca puede estar relacionada con hábitat de origen de los cultivares y con el cierre parcial de los estomas.

### Potencial hídrico xilemático

No hubo efecto significativo ( $P>0,05$ ) para la interacción riego x clon y tampoco para los factores riego y clon; excepto, al octavo mes de medición en el que hubo diferencias significativas entre clones, los genotipos ‘Guajira 3’ y ‘Mven 77-3’ tuvieron los menores valores con -1,19 y -0,96 Mpa, respectivamente.

Hay que destacar, los valores promedios  $\pm$  desviación estándar en esta variable en todas las plantas de yuca evaluadas al cuarto, sexto y octavo mes de evaluación fueron  $-1,10 \pm 0,06$ ;  $-1,32 \pm 0,05$  y  $-1,25 \pm 0,01$ , respectivamente. En este sentido, Taiz y Zeiger (2006) señalan que las plantas cuando están bien regadas expresan potenciales hídricos de 0 a -1; cuando tienen estrés suave los valores varían entre -1 y -2 en las plantas adaptadas a clima desértico el potencial hídrico se encuentra por encima de -2 Mpa. Es por ello, que mostraron un comportamiento de estrés hídrico suave. El-Sharkawy (1993; 2007) explica que el potencial hídrico de las hojas en la yuca sufre poca variación con el estrés hídrico, debido al cierre de los estomas y por ende, a una considerable reducción de la conductancia

estomática, lo cual impide la pérdida de agua en las hojas.

### Efecto del déficit por sequía en las variables agronómicas

#### Número de hojas

Para el número de hojas al octavo mes, los clones ‘Mven 77-3’, ‘Bolívar 32’ presentaron 238 y 207 hojas, respectivamente; y el peor comportamiento en esta última medición la presentó el clon ‘Concha Rosada’, con 94 hojas; lo que pareciera indicar que para esta fecha este genotipo fue el más sensible, pero al exceso de humedad, producto de la precipitación que hubo para la época.

Para esta variable, no se observaron efectos debido a riego ni a interacciones. A pesar de ello, se puede resaltar que cuando se aplicó 100% Etc hubo tendencia a aumentar el número de hojas.

Asimismo, hay que denotar que la tendencia hasta el sexto mes fue producir más hojas, aunque de menor tamaño, según Montaldo (1996), se debe a comportamiento propio de esta especie.

#### Área foliar

No hubo interacción riego x clon, tampoco hubo diferencias ( $P>0,05$ ) entre restricciones hídricas. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre clones al cuarto, sexto y octavo mes de evaluación, ‘Mven 77-3’ presentó menor valor al sexto y octavo mes de medición y el clon ‘Bolívar 32’ los mayores (Tabla 1).

Esta variable disminuyó para todas las plantas en el transcurso de la fenología del cultivo, característico de la especie, ya que a partir del sexto mes, los fotoasimilados los usará para la producción de raíces y en menor grado para el crecimiento vegetativo (Montaldo 1996). Esta disminución fue mayor al octavo mes, aunque en este caso pareciera que se debió más

**Tabla 1.** Altura de planta, de primera ramificación y área foliar en cuatro clones de yuca.

Clones	AP1	AP2	APR1	APR2	AF1	AF2	AF3
	DMS= 21,2355	DMS= 30,6934	DMS= 39,2145	DMS= 39,2145	DMS= 33,1670	DMS= 64,1180	DMS= 61,5311
		-cm-				-cm <sup>2</sup> -	
Guajira 3	249,02c	286,25c	132,08b	132,08b	199,38a	174,31ab	166,82b
Mven 77-3	173,05a	204,44a	131,94b	131,94b	213,19 <sup>a</sup>	143,51a	100,86a
Concha							
Rosada	200,83b	242,83b	52,78 <sup>a</sup>	52,78a	223,59ab	172,87ab	162,02ab
Bolívar 32	236,94c	289,16c	183,03c	183,03c	247,70b	205,42b	172,38b

AP1, AP2 = Altura de planta al sexto y octavo mes de evaluación.

APR1, APR2 = Altura de primera ramificación al sexto y octavo mes de evaluación.

AF1, AF2 y AF3 = Área foliar al cuarto, sexto y octavo mes de evaluación.

DMS = Mínima diferencia significativa

Letras distintas en columnas indican diferencias (Tukey, P = 0,05).

al exceso de humedad en el suelo, debido a la precipitación ocurrida para la época. Nesreen *et al.* (2013) y León *et al.* (2013; 2014) señalan una disminución de 200 hasta 80 cm<sup>2</sup> en área foliar en el menor suministro hídrico para el cultivo de yuca, lo que indica que esta variable es afectada por el ambiente.

### Altura de planta y de primera ramificación

No hubo efecto (P>0,05) de la interacción riego x clon y tampoco de riego. Sin embargo, en la Tabla 1 se observan portes más altos en las plantas a las que se aplicó 100% Etc para cuarto y sexto mes, con valores que oscilaron entre 150 y 250 cm. No obstante, al octavo mes de evaluación, el exceso de humedad pudo haber afectado la condición diferencial del riego y por consiguiente la expresión de algunas variables agronómicas.

La altura de planta mostró diferencias significativas entre clones durante las tres fechas de evaluación, destacaron ‘Guajira 3’ y ‘Bolívar 32’ y la menor altura correspondió a Mven 77-3’ (Tabla 1).

La altura de la primera ramificación no se había expresado al cuarto mes de medición. Se observaron diferencias significativas entre clones al sexto y octavo mes de evaluación, el clon ‘Bolívar 32’ presentó valores más altos con 183,03 cm (Tabla 1).

Caraballo y Velásquez (1997) reportaron altura de planta de yuca de 165 cm, cuando se

aplicó 600 mm de agua y disminuyó el valor en esta variable en un 35% cuando la lámina de agua fue 154 mm; lo que indica que esta variable se afecta por la sequía. Estos caracteres son de importancia para el manejo agronómico, se prefieren plantas con portes intermedios a altos, con valores para la altura de planta y de primera ramificación por encima de 150 y 100 cm, respectivamente (Montaldo 1996).

Los clones utilizados en esta investigación son de porte intermedio hasta alto para la altura de planta y de primera ramificación.

Estos resultados generan perspectivas promisorias en la producción de semilla de yuca de alta calidad en futuros programas de certificación, ya que se observó que la tendencia en el tiempo, fue que al aplicar la mayor dotación hídrica se alcanzaron los portes más altos y por ende mayor cantidad de semilla (Tabla 1).

### Rendimiento

El rendimiento (número de raíces totales, número de raíces comerciales, peso de raíces totales y peso de raíces comerciales) no fue afectado por clones, riego y la interacción con el riego por clones. La cosecha se realizó al octavo mes, motivado a la precipitación elevada para la época, lo que provocó que la evaluación se hiciera de manera temprana, antes que la planta alcanzara su máximo potencial de rendimiento.

El número de raíces totales fue inferior a seis y con un peso promedio que osciló entre 921

y 1385 g. Por su parte, el número de raíces comerciales estuvo entre 0 y 2 raíces comerciales, con un peso entre 435 y 794 g. A pesar de ello, el rendimiento estuvo dentro del promedio nacional 12,612 t.ha<sup>-1</sup> (FEDEAGRO 2012), lo que indica que en una densidad de siembra de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, esta se encuentran alrededor de 1260 g.planta<sup>-1</sup>, similar al de esta investigación que estuvo entre 9,21 y 13,85t.ha<sup>-1</sup>.

Olansanmi (2010) estudió el llenado temprano de raíces en las Sabanas de Guinea, el rendimiento a los siete meses después de la siembra estuvo entre 10 y 21,2 t.ha<sup>-1</sup> en las localidades donde hubo mayor escasez de agua. Este autor encontró que los materiales con mejor rendimiento a los siete meses alcanzaron buen rendimiento a los 12 meses; lo que indica que la evaluación temprana es un buen criterio de selección en condiciones de sequía.

Albuquerque *et al.* (2009) y Rós *et al.* (2011) reportaron diferencias importantes entre clones para número y peso total de raíces, con valores de 6 a 9 raíces.planta<sup>-1</sup> y 3600 a 4100 g.planta<sup>-1</sup>. Barbosa (2013) informó rendimiento de raíces de yuca similar con valores entre 532 y 756 g.planta<sup>-1</sup>.

Para estas condiciones experimentales, se podría recomendar cualquiera de los clones evaluados y al mismo tiempo, se podría utilizar el riego 25% Etc, ya que la variable rendimiento fue similar para todas las restricciones hídricas, al octavo mes de evaluación.

## CONCLUSIONES

Las plantas de yuca disminuyeron la conductancia estomática, y por ende la pérdida de agua por transpiración y permitieron el intercambio de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis en todas las condiciones de riego; así mismo, los clones 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' sobresalieron fisiológicamente.

El comportamiento sobresaliente en las variables de intercambio gaseoso provocó que los clones de yuca 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' y las plantas sometidas a los riegos 50 y 100% Etc,

tuvieran el mejor desempeño para las variables altura de planta, lo que genera perspectivas promisorias en la producción de semilla de yuca de alta calidad en futuros programas de certificación.

En función del rendimiento, se podría recomendar cualquiera de los clones evaluados y el riego 25% Etc.

## REFERENCIAS

- Albuquerque, J., Sedyama, A., Silva, A., Sedyama, C., Alves, J. e Neto, F. 2009. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 4 (4): 388-394.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO. Roma, Italia. P 110-113.
- Barbosa, M. 2013, Caracterização morfofisiologica de clones de mandioca em cândido sales-ba. Tesis Magister Scientarum en agronomía en la Universidad Estadual do Sudoeste da Bahia . Brasil. 114 p.
- Caraballo, L. y Velásquez, E. 1997. Respuesta de tres cultivares de yuca a diferentes condiciones hídricas y fechas de cosecha. Agronomía Tropical 56 (2): 267-284.
- Celedón J., Gil, P., Ferrereyra, R., Maldonado, P. and Barreras, C. 2012. Sensitivity and variability of two plant water stress indicators: exploring criteria for choosing a plant monitoring method for avocado irrigation management. Chilean Journal of Agricultural Research 72 (3): 379-387.
- De Tafur, M. 2002. Fisiología de la yuca. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Ceballos H, Ospina B (ed). Valle del cauca, Colombia. Pp:34-45.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. 1998. InfoStat versión estudiantil. Grupo



- InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- El-Sharkawy, M. 1993. Drought-tolerant cassava for África, Asia and Latin America. *Bio Science* 43: 441-451.
- EL-Sharkawy, M. 2003. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology* 53: 621-641.
- El-Sharkawy, M. 2007. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. *Plant Physiology* 19 (4): 257-286.
- El-Sharkawy, M. 2012. Stress-Tolerant Cassava: The Role of Integrative Ecophysiology-Breeding Research in Crop Improvement. *Open Journal of Soil science* 2 (2): 162-186.
- Ewel, J., Madriz, A. y Tosi, J.A. 1976. Zonas de vida de Venezuela. MAC-FONAIAP, Caracas.
- FAO. 2013. Save and Grow: Cassava. [En línea]. <http://www.fao.org>. [25 de enero del 2016].
- FEDEAGRO. 2012. Base de datos. [En línea]. <http://www.fedeagro.org/produccion> [12 de febrero del 2016].
- Gandrup, M., García, F., Fabrizzi, K. y Echeverría, H. 2004. Evolución de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. *RIA*. 33 (3): 105-121.
- León, R., Pérez, M., Fuenmayor, F., Gutiérrez, M. y Marín, C. 2014. Caracterización eco-fisiológica de cuatro clones de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) en el Campo Experimental del INIA-CENIAP. *Agronomía Tropical*. 64 (1): 2.
- León, R., Polanco, D., Zárraga, P., Zambrano, M., Ramos, E., Perdomo, D. y Marín, A. 2013. Caracterización morfológica y agronómica del banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) en el campo experimental de Fagro-UCV. *Revista de la Facultad de Agronomía UCV* 39 (2): 93-104.
- Montaldo, A. 1996. La yuca frente al hambre del mundo tropical. Venezuela. Editorial ANAUCO. Maracay. Pp 32-128.
- Nesreen, A., Helal, S. and Attia, A. 2013. Morphological and Chemical Studies on influence of Water Deficit on Cassava. *World Journal of Agricultural Sciences* 9 (5): 369-376.
- Olasanmi, O. 2010. Cassava Drought Tolerance Mechanisms Re-Visited: Evaluation of Drought Tolerance in Contrasting Cassava Genotypes Under Water Stressed Environments. Ph.D. thesis, Department of Agronomy (Plant breeding), University of Ibadan. p.150.
- Rincón, N., Olarte, M. y Pérez, J. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín* 65 (1): 6399-6405.
- Rós, A., Silva, A., Araújo, H. e Narita, N. 2011. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* 41 (4): 552-558.
- Schepers, J., Blackmer, T. y Francis, D. 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: Using chlorophyll meters. In: B. Bock y K. Kelly (ed). Predicting fertilizer needs for corn in humid regions. NFERC, Bull. Y-226. Muscle Shoals, AL, EE.UU. pp. 105 – 114.
- Scholander, P., Bradstreet, E., Hemmingsen, E. and Hammel, H. 1965. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science* 148 (3668): 339–346.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. Fisiología Vegetal. Estados Unidos. Editorial Sinauer Associates. California. pp 73-105.

## ANATOMÍA DE LA RAÍZ DE *Encyclia cordigera* (Kunth) Dressler (ORCHIDACEAE)\*

### Anatomy of the root of *Encyclia cordigera* (kunth) Dessler (Orchidaceae)

Mannelly Ramírez<sup>1</sup>, Santos Niño<sup>1</sup> y Thaida Berrío<sup>1</sup>

#### RESUMEN

*Encyclia cordigera* es una orquídea actualmente amenazada por su explotación como planta ornamental y por la destrucción de su hábitat natural. Con el objetivo de determinar caracteres anatómicos adaptativos de sus raíces que puedan contribuir con el diseño de estrategias para su conservación, se preservaron en formaldehído 90%, ácido acético 5%, alcohol etílico 5% (FAA) los cortes de raíces de individuos colectados en el piedemonte andino-llanero del estado Portuguesa, estos fueron procesados con técnicas tradicionales de Microtecnia Vegetal. Se observaron secciones transversales en un microscopio óptico, en las que se logró distinguir un velamen radical pluriestratificado constituido por ocho estratos de células isodiamétricas a elípticas. La Exodermis es uniestratificada con células hexagonales, la corteza propiamente dicha es compacta constituida por un parénquima de seis capas de células isodiamétricas de paredes delgadas, cilindro central rodeado de una endodermis uniseriada de células compactas en la que se observaron células de paso, este está delimitado por el periciclo, conformado con una capa de células, presenta una estela poliarca con 12 -14 polos de xilema alternando con los grupos de floema. Por el tipo de velamen que posee la orquídea se deduce que puede crecer en ambientes secos o hábitats expuestos a la luz solar, ya que este es un carácter xeromórfico reportado para otras especies. Esta y otras adaptaciones de la planta demuestran que la especie debe introducirse en lugares con estas características que garanticen el éxito reproductivo.

**Palabras clave:** anatomía, orquídea, raíz.

#### ABSTRACT

*Encyclia cordigera* is an orchid currently threatened by its exploitation as an ornamental plant and by the destruction of its natural habitat. In order to determine adaptive anatomical traits of their roots that could contribute to the strategies design for its conservation. The roots of individuals collected in The Andean-llanero piedmont of the Portuguese state were preserved in 90% formaldehyde, 5% acetic acid, 5% ethyl alcohol (FAA) were processed with traditional techniques of Plant Microtechnology. Transverse sections were observed under an optical microscope, in which a multilayered radical canopy consisting of eight layers of isodiametric to elliptic cells was distinguished. Exodermis is unstratified with hexagonal cells, the cortex itself is compact consisting of a parenchyma of six layers of thin-walled isodiametric cells, central cylinder surrounded by a uniseriate endodermis of compact cells in which cells of passage were observed, it is delimited by the pericycle, conformed with a layer of cells, presents a polyarca stele with 12 -14 poles of xylem alternating with phloem groups. Due to the type of sails the orchid possesses, it can be grown in dry environments or habitats exposed to sunlight, for this is a xeromorphic character reported for other species. This and other adaptations of the plant demonstrate that the species must be introduced in places with these characteristics that ensure reproductive success.

**Key words:** anatomy, orchid, root.

(\*) Recibido: 26-09-2016

Aceptado: 13-11-2016

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po.Venezuela. mannelly\_ramirez@yahoo.com, smiguel@cantv.net, trberrio@hotmail.com.

## INTRODUCCIÓN

*Encyclia cordigera*, es una hierba de hábito epífita y litófito perteneciente a la familia Orchidaceae, cuya distribución silvestre abarca diferentes países como: México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y Venezuela. En el país esta especie tiene una amplia distribución en alturas que oscilan de 100 a 350 msnm. Es una orquídea con pseudobulbos densamente agregados, anchamente ovoideos o subglobosos (Foldats 1969). En Venezuela la forma de color predominante en los pétalos y los sépalos es café-chocolate y el labelo es blanco, esta forma de coloración es la variedad normal o tipo. No obstante, tanto en Venezuela como en Colombia es posible encontrar plantas con el labelo de color rosado y los sépalos de color chocolate (Pérez 2013) (Figura 1).

Esta especie es originaria de las regiones tropicales y subtropicales del continente americano. En la actualidad es cultivada en casi todo el mundo como planta ornamental y la extracción de su hábitat natural ha dañado gravemente sus poblaciones. Está clasificada como vulnerable en el libro rojo de la flora venezolana (Llamozas *et al.* 2003) y en el ámbito internacional está incluida en el Apéndice II de CITES, no se descarta también la pérdida de hábitat como causa de declinación de las poblaciones.

*E. cordigera*, como epífita de acuerdo a Damon (2003) desempeña un papel muy importante en la dinámica de las comunidades donde se desarrolla ya que al estratificarse verticalmente en los troncos de los árboles, ofrece una gran variedad de nichos y recursos que son aprovechados por diversos grupos de animales como hormigas, artrópodos, anfibios y aves que sirven a la vez como polinizadores, así que contribuye al incremento de la biodiversidad de las comunidades donde se encuentra.

Esta investigación se planteó con el objetivo de realizar la descripción anatómica de *Encyclia cordigera*, con el fin de determinar caracteres anatómicos adaptativos que contribuyan a su conocimiento y al diseño de estrategias de reintroducción con fines de conservación de la especie, dentro del marco del proyecto de

investigación “Conservación de cuatro orquídeas en peligro de extinción en el piedemonte de los estados Portuguesa y Barinas”.



Figura 1. *Encyclia cordigera* (Kunth) Dressler, Fotos: S. Niño y M. Ramírez.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Parte de la distribución de la especie en el país es el piedemonte andino y su zona de contacto con los llanos occidentales de los estados Barinas, Portuguesa y Cojedes, áreas que se caracterizan por pertenecer a la zona de vida Bosque Seco Tropical de acuerdo a la clasificación de Ewel y Madrid (1968). La muestra utilizada fue colectada en el campus universitario de la UNELLEZ Guanare, en el área el promedio de precipitación anual es de 1700 mm con temperaturas de 26 °C, a una altitud de 260 msnm (Ramírez 2012).

Con el fin de observar las estructuras internas se fijaron en FAA secciones de la parte media de raíces de las plantas y posteriormente se prepararon de acuerdo con las técnicas tradicionales de microtecnia vegetal. Se hicieron cortes transversales a mano alzada y se elaboraron 10 láminas semipermanentes, la coloración y el montaje se hicieron con agua destilada y azul de toluidina acuosa. Las observaciones se hicieron con microscopio óptico marca Leica en el laboratorio de materiales vegetales de la UNELLEZ Guanare.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las secciones transversales de la raíz de *E. cordigera* (Fig. 2-A), se observó un velamen pluriestratificado formado por células muertas de

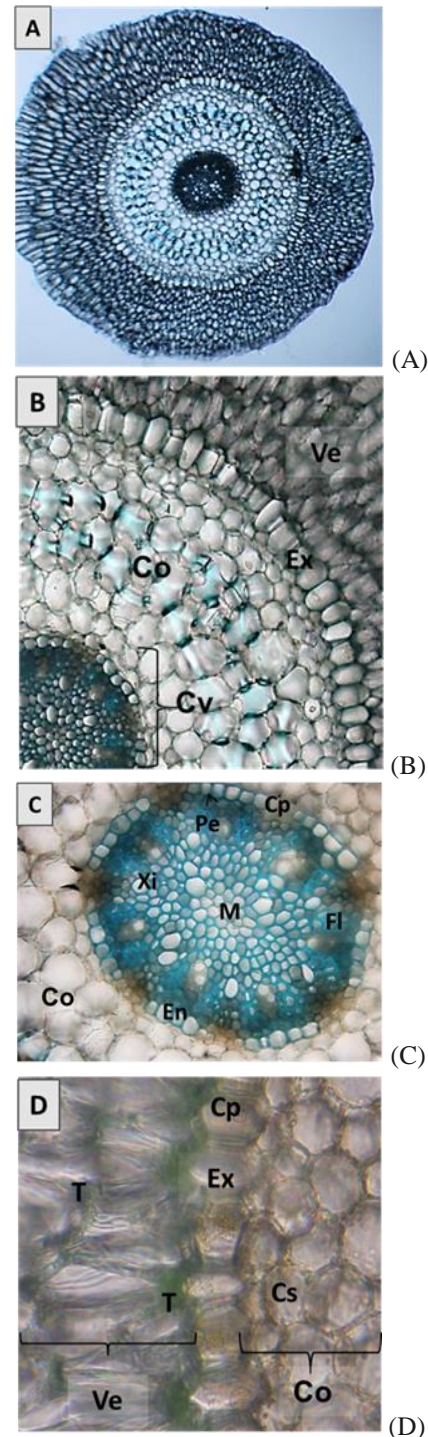
paredes engrosadas y constituido por ocho estratos de células isodiamétricas a elípticas, con tilosomas (Fig. 2-B, 2-D). La exodermis está formada por una capa de células (uniseriada) de forma hexagonal, en la que se alternan células largas, células cortas, células de paso con tilosomas, la corteza propiamente dicha es compacta constituida por un parénquima de seis capas de células isodiamétricas de paredes finas, delgadas, de tamaño variable, las más cercanas a la exodermis y endodermis de menor tamaño que las de la región central, con la presencia de pequeños espacios intercelulares y cuerpos de sílice (Fig. 2-D). Las células parenquimáticas en esta zona son vacuoladas. El cilindro central está rodeado de una endodermis uniseriada de células compactas en la que se observan células de paso, interno a la misma y delimitándolo se encuentra el periciclo con una capa de células (uniseriada), esclerificado y una estela poliarca con 12-14 polos de xilema alternando con cordones de floema separados por numerosas fibras (Fig. 2-C).

El tipo de velamen pluriestratificado y la presencia de tilosomas, los cuales son excrecencias lignificadas en células del velamen y adyacentes a las células de paso de la exodermis, sugieren que *E. cordigera* pueda crecer en ambientes secos o hábitats expuestos a la luz solar, ya que son caracteres xeromórficos de especies perennes (Silva et al. 2006; Vieira et al. 2010). De acuerdo con Silva et al. (2006), también la presencia de células de parénquima cortical vacuoladas y periciclo esclerificado están relacionados con el régimen hídrico en la planta y con la reserva de sustancias.

Por otra parte, los tilosomas, periciclo esclerificado y cuerpos de sílice hacen menos susceptible a la planta ante ataque de plagas como hongos e insectos, y además los últimos proporcionan o añaden rigidez estructural a la planta (Rodrigues y Santana 2008), características favorables para resistir las condiciones de vida en ambientes secos.

Los caracteres anatómicos observados en la raíz de *Encyclia cordigera* son característicos de especies perennes adaptadas a vivir en ambientes secos, con regímenes hídricos bien marcados como

los que se presenta en el piedemonte andino llanero de los estados Barinas y Portuguesa, sitios donde se distribuye la especie.



**Figura 2.** A. Corte transversal de la raíz de *Encyclia cordigera*. B. Velamen, Exodermis, Corteza, Cilindro Vascular, C. Cilindro Vascular, D. Tilosomas y cuerpos de Sílice (Velamen, Exodermis, Corteza). Co: Corteza, Cv: Cilindro vascular. En: Endodermis, Ep: Epidermis, Ex: Exodermis, Fl: Floema, Xi: Xilema, A (1000  $\mu$ m), B (250  $\mu$ m), C (120  $\mu$ m), D (450  $\mu$ m).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los caracteres anatómicos encontrados en la raíz de la especie son un indicio de que las reintroducciones de esta planta deben hacerse en lugares expuestos a la luz solar donde no sean abundantes las precipitaciones, a fin de garantizar el éxito adaptativo.

Se deben seguir estudiando caracteres adaptativos de otros órganos de la especie que contribuyan a su establecimiento en hábitats intervenidos.

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a los Ingenieros Grismary Guiménez, Alberto Antosenko y Nerio Leal por su colaboración en la investigación, de igual manera a Conservación Internacional Venezuela y a la Oficina de Creación Intelectual de la UNELLEZ Guanare por el apoyo financiero.

## REFERENCIAS

- Damon, A. 2003. Las Epifitas. Ecosistemas y comunidades: procesos naturales y sociales de los bosques, México D.F., México. 17-20 p.
- Ewel, J. y Madrid, A. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas, Venezuela. 264 p.
- Foldats, E. 1969. Flora de Venezuela (Orchidaceae), Instituto Botánico de Caracas, Volumen XV. Caracas, Venezuela. 550 p.
- Llamoza, S., Duno, R., Meier, W., Riina, R., Satufer, F., Aymard, G., Huber, O. y Ortiz, R. 2003. Libro Rojo de la Flora Venezolana. 1ª Edición. PROVITA/ Fundación Empresas Polar/ Fundación Instituto Botánico de Venezuela "Dr. Tobías Lasser"/ Conservación Internacional. Caracas. 551 p.
- Pérez, E. 2013. La bella y variada *Encyclia cordigera*. [Artículo en línea]. En <https://www.facebook.com/notes/asociacion-mexicana-de-orquideologia/la-bella-y-varia>

[ble-encyclia-cordigera/597623946931963/](https://www.facebook.com/notes/asociacion-mexicana-de-orquideologia/la-bella-y-varia) [Febrero 2016].

- Ramírez, M. 2012. Estrategias para la conservación de la diversidad biológica en la UNELLEZ GUANARE, estado Portuguesa. Tesis MSc. UNELLEZ, Guanare. 150 p.
- Rodrigues, L. e Santana, M. 2008. Determinação do teor de sílica em madeira por espectrograma de absorção atômica de chama versus espectroscopia no ultra-violeta visível. *Ciência Florestal*, Santa Maria 2(18): 259-264.
- Silva, E., Azevedo, A. e Euclides, R. 2006. Estratégias anatómicas foliares de treze espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) - MG, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 20: 741-750.
- Vieria, I., Strozi, R. e Alves, A. 2010. Anatomia de raízes de especies de Orchidaceae del Parque Estadual de Sierra de Brigadeiro, Minas Gerais, *Hoehnea*-37(1): 147-161.

## INSTRUCCIONES PARA LOS CONTRIBUYENTES

### ALCANCE Y TEMÁTICA

La revista Unellez de Ciencia y Tecnología publica trabajos de investigación originales, comunicaciones técnicas, revisiones de literatura y reseñas científicas en los campos de las ciencias agrícolas y de la vida silvestre. Cada trabajo es revisado por el comité de editores y enviado a dos árbitros especialistas del tema, de filiación institucional diferente a la Universidad Ezequiel Zamora. La opinión de esos revisores externos determina la aceptación del trabajo.

### INSTRUCCIONES ESPECÍFICAS

#### Manuscritos

Los manuscritos deberán enviarse en formato word. Los cuadros y figuras deben insertarse en el texto en el lugar correspondiente. Para lograr mayor celeridad en el proceso de evaluación y publicación, envíelo a la dirección electrónica de la revista ó a través de <http://www.unellez.edu.ve>, unellez virtual, publicaciones electrónicas, revista unellez de ciencia y tecnología.

#### Filiación

En la primera página, debajo del título, debe escribirse el nombre del autor (es), seguido de un superíndice numérico. En el borde inferior izquierdo e indicado con una llamada (1), se señala la dirección institucional y electrónica del autor(es).

#### Título

Este deberá ser claro y preciso para que denote con exactitud el contenido del trabajo. No utilice más de 20 palabras para describirlo. Evite el uso de frases como: *Un estudio...*, *Una investigación sobre...* El título debe ser escrito en dos idiomas, uno de ellos será el español.

#### Texto

Los artículos deberán ser escritos siguiendo el esquema: Resumen, Abstract, Introducción, Revisión Bibliográfica, Área de Estudio, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos y Referencias. No obstante, la separación total o combinación de estas secciones queda a juicio del autor. Por ejemplo: Introducción puede combinarse con Revisión Bibliográfica. Área de Estudio podría incluirse en Materiales y Métodos. Resultados y Discusión pueden redactarse separadamente. El artículo podría excluir conclusiones. Y en el caso de trabajos sobre la vida silvestre puede añadirse una sección adicional: Recomendaciones para el Manejo, Implicaciones para el Manejo o Sugerencias para el Manejo.

#### Resumen y Abstract

La redacción y estilo de estas secciones deberá garantizar que sea entendida por muchas personas. En sólo un párrafo y no más de 250 palabras, presente: el problema estudiado, lugar y fecha de la investigación, metodología utilizada (muy brevemente), resultados apreciables a través de valores y una sucinta discusión (optativa) de los hallazgos. Incorpore el nombre científico de la(s) especie(s). Debajo del Resumen y Abstract indique no menos de tres ni más de seis palabras clave (Key words). Para ello use como referencia: nombres comunes y científicos, área geográfica, problema estudiado, metodología empleada y fenómenos.

**Es conveniente no incluir palabras contenidas en el Título.**

#### Introducción

Escriba de lo general a lo particular. Como guía tenga presente destacar: antecedentes, información conocida, información desconocida, justificación, valor práctico del estudio y objetivo(s). Sí las características propias del problema estudiado lo justifican, pueden

formularse hipótesis en esta sección. Las ideas, comentarios y hallazgos de otros autores deben sustentarse con citas. En la parte final de esta sección señale claramente el o los objetivos de la investigación.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de Estudio**

Esta sección, si lo desea, puede combinarse con Materiales y Métodos. En general destaque: localización geográfica, superficie, características físico-naturales, clima y cualquier otro aspecto que resulte importante, de acuerdo con la naturaleza del problema estudiado.

De la manera más clara, precisa y descriptiva señale los métodos utilizados. Como norma autoevaluativa, considere que el lector pueda ser capaz de duplicar la metodología empleada. Si ésta es nueva y/o original debe describirse en detalle. Por el contrario, si es conocida y ha sido publicada puede citarla. Pero si la metodología descrita incluye modificaciones de una ya conocida, entonces el énfasis descriptivo debe centrarse en el cambio realizado.

La investigación debe ubicarla en el tiempo. No olvide el uso correcto de los tiempos verbales. Las especificaciones técnicas, cualidades y origen de los materiales y equipos utilizados deben señalarse. Si algún producto comercial fue utilizado en la fase metodológica debe indicarse el nombre y dirección del fabricante entre paréntesis, inmediatamente después de la primera cita.

## **Resultados y Discusión**

Los resultados se expresan en tiempo pasado, la discusión combina diferentes tiempos verbales, y representa una de las secciones más importantes del artículo. En ella el autor no sólo contrasta resultados, sino que expresa ideas, comentarios, infiere y analiza en relación con el tema o problema estudiado.

Si escribe separadamente estas secciones, no discuta extensamente los resultados presentados (Tablas, Figuras), sólo incorpore pequeños

comentarios, y utilice la sección de discusión para un análisis profundo y detallado. Sin embargo, cualquier hallazgo importante o novedoso puede ser resaltado como parte de los resultados.

No duplique la información contenida en los cuadros con la discutida en el texto. Evite la elaboración de cuadros para conjuntos de datos muy pequeños, o de aquellos que contengan muchos espacios vacíos o valores cero. Pero igualmente, evite cuadros recargados de datos.

Las Tablas y las Figuras deben enumerarse e identificarse con un título claro y directo, en lo posible corto. Este, se escribe en la parte superior cuando se trata de las Tablas y en la inferior, en el caso de Figuras.

## **Conclusiones**

Puede incorporarse en la discusión o escribirse como una sección independiente, preferentemente. Si este es el caso, el enunciado debe ser breve y preciso. Recomendable será que para cada objetivo se señale, al menos, una conclusión.

## **Agradecimientos**

Esta sección es una prerrogativa del autor. Puede o no incorporarse en la preparación del artículo. Sin embargo, es usual otorgarle crédito a quienes apoyaron o colaboraron para lograr la culminación de la investigación.

## **Referencias**

En esta sección se debe presentar el listado de autores citados en el texto. A título de ejemplo se presentan algunas citas, las más comunes, y que esperamos sirvan de guía para los autores.

## **Anotación**

Rev. Unell. Cien. Tec., es la abreviatura para el nombre de: Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. El autor, no obstante, puede citarla de esta forma o utilizando el nombre completo.

## Artículos

### Publicación que indica volumen y número

Tejos, R., Rodríguez, C., Pérez, N. y Rivero, L. 1997. Rendimiento y composición química de nuevas leguminosas en el llano bajo venezolano. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 15 (1): 87-107.

### Publicación que indica volumen, pero no número

Bakker, J., Olf, H., Willems, J. and Zobel, M. 1996. Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics?. *Journal of Vegetation Science* 7: 147-156.

### Publicación que indica número pero no volumen

Berry, P. and Aymard, G. 1997. A historic portage revisited. *Biollania (Edición Especial)* N° 6: 263-274.

### Publicaciones con idéntico nombre

Si dos o más revistas circulan con el mismo nombre, debe señalarse entre paréntesis el país donde se publica. Ejemplo: *Agriculture (Canadá)*, *Agriculture (Inglaterra)*.

## Abstracts

Tejos, R., Rodríguez, C., Pérez, N. and Rivero, L. 1998. Yield and chemical composition of new grass species for the lowland of Venezuela (Summary). *Grassland and Forage Abstracts* 68 (12): 3691.

## Referencia Electrónica

Guzmán, A. 2000. Conservación de bosques tropicales [libro en línea]. En <http://www.lib.umn.edu/for/bib/traps.html>. [noviembre de 2002].

## Libros

### Uno o varios autores son responsables

## intelectuales

Jongman, R., Ter Braak, C. and Van Tongeren, O. 1995. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. 2<sup>nd</sup> edition, Cambridge University Press, New York. 299 p.

### Autores Intelectuales por Capítulo

Mancilla, L. 1999. Suplementación estratégica de bovinos a pastoreo con bloques multinutricionales artesanales. *In* Tejos, R., Zambrano, C., Mancilla, L. y García, W., eds. V Seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistema de producción animal. UNELLEZ, Barinas. pp. 61-82.

Lancia, R., Nichols, J. y Pallok, K. 1994. Estimación del número de animales en poblaciones animales silvestres. *In* Bookhout, M., ed. Técnicas para la investigación y manejo de hábitats para la fauna silvestre. The wildl. Soc., Bethesda. pp. 215-253.

\* Munn, R., ed. 1979. *Evaluación de impactos ambientales: principios y procedimientos*. 2da. ed. John Wiley and Sons, New York. 190 p.

\* Cita en la cual no se destaca el autor intelectual del capítulo, sino el editor. Común en muchas publicaciones a partir del año 1994.

## Libros Traducidos

Holdridge, L. 1979. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. de 1<sup>a</sup>. ed. rev. Inglesa por Humberto Jiménez. IICA, San José. 216 p.

## Publicaciones de Universidades

Caycedo, A. 1993. Líneas de investigación en cuyes y sus alcances en la tecnificación de la explotación. Universidad de Nariño, Nariño. 24 p.

Barreto, L. y Marvez, P. 1987. *La demanda de agua en Guanare*, Universidad Nacional



Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Programa de RNR, Guanare. Boletín Técnico N° 13. pp. 12-38.

(Resumen). In III Congreso de Ciencia y Tecnología del estado Portuguesa. CONICIT-UNELLEZ, Guanare. p. 83.

### **Publicaciones de Estaciones Experimentales**

Zérega, L. 1996. Características de algunos fertilizantes no tradicionales en Venezuela. FONAIIP, Estación Experimental Trujillo, Venezuela, N° 53. pp. 42-44.

### **Trabajos de Ascenso, de Grado y Tesis de Postgrado**

Álvarez, L. 1995. Producción de arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela. Trab. Ascenso Prof. Titular. Universidad Ezequiel Zamora, Guanare. 184 p.

Suárez, J. 1998. Aplicación de la legislación para la supervisión de la gestión ambiental. Trab. Esp. Grado. Ing. en Recursos Naturales Renovables. UNELLEZ, Guanare. 108 p.

Morante, L. 1998. Pautas para el manejo de la fauna silvestre de bosques ribereños asociados a plantaciones forestales, estado Portuguesa, Venezuela. Tesis MSc. UNELLEZ, Guanare. 137 p.

### **Autores Corporativos**

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. 1996. Anuario Estadístico. MARNR, Guanare. pp. 27-39.

MARNR – ORSTOM. 1998. Atlas del inventario nacional de tierras del territorio federal Amazonas. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas. 207 p.

### **Reuniones, Jornadas y Congresos**

#### **Sólo resúmenes**

Nieves, D., Alvarado, M. y Morales, F. 1998. Uso de *Trichanthera gigantea* y mezclas dietéticas en forma de harina en la alimentación de conejos de engorde

### **Publicación Completa**

Correa-Viana, M. 1991. Abundancia y manejo del venado caramerudo en Venezuela: Evaluación inicial. In Memoria Simposio El venado en Venezuela: conservación, manejo y aspectos biológicos y legales. FUDECI, Caracas. pp. 29-39.