



La Universidad que Siembra

ISSN 1012-7054

**REVISTA  
UNELLEZ DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Volumen 33 - 2015

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 33 – 2015  
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. William Páez*  
**Rector**

*Econ. Yovany Benaventa*  
**Secretario General**

*Lcda. Bextalia Lovera*  
**Vice-Rectora de Servicios**

*Lcdo. Pedro González Requena*  
**Vice-Rector de Planificación y Desarrollo Social**  
Barinas, estado Barinas

*Prof. Adolfo Paredes*  
**Vice-Rector de Producción Agrícola**  
Guanare, estado Portuguesa

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

*Prof. Rafael Delgado*  
**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 el tiraje es de 300 ejemplares por cada número.

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.

La revista se publica además en versión electrónica en la página web de la UNELLEZ: <http://app.vpa.unellez.edu.ve/revistas/index.php/rucyt/issue/archive>, <http://revistas.unellez.edu.ve> o [http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/Ciencia\\_y\\_Tecnologia](http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/Ciencia_y_Tecnologia).

### **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.

E-mail: revistaunellezcyt@unellez.edu.ve  
reuncyte@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. Se permite una copia por persona. 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 33 – 2015

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
Gélvez, Julio	Entomología	UNELLEZ
González, Carlos	Producción Animal	FAGRO-UCV
Lander, Eduardo	Zoología y M. 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, Álvaro	Producción Animal	FAGRO-UCV
Párraga, Carlos	Estadística	UNELLEZ
Ramírez, Ymmer	Ingeniería Agrícola	UNELLEZ
Rodríguez, Tomás	Reproducción Animal	UDO
San José, José	Ecología	IVIC
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 33 - 2015**

**enero – diciembre**

**CONTENIDO**

<b>Artículo</b>	<b>Páginas</b>
Efecto de posición fisiográfica y profundidad en dos sistemas de labranza sobre atributos de un suelo de Turén Betty Mendoza, Elena Vera, Alberto Chassaigne, Carlos Gómez, Duilio Torres y Yakelín Bastidas .....	1-12
Datos biológicos del Saltarín Cola de Lanza ( <i>chiroxiphia lanceolata</i> ) en los bosques de la UNELLEZ-Guanare, Portuguesa, Venezuela Alexis Araujo-Quintero, Maryury González y Juan Carlos Fernández-Ordóñez .....	13-24
Efecto del nitrato de potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce ( <i>capsicum chinense</i> jacq.) Soelis Andrade y Hernán Laurentin .....	25-29
La polinización manual y su factibilidad en plantaciones de maracuyá amarillo de la zona alta del estado Falcón Jorge Parés, Carlos Najul, Miguel Arizaleta y Henry Mujica .....	30-35
Uso de acondicionadores orgánicos y biopolímeros para biorremediación de suelos salinos-sódicos de la llanura de Coro, Falcón, Venezuela Duilio Torres, José Pastor Mogollón, Yarleny Lázaro, Marianela González, Miklas Lopez y Héctor Yendís .....	36-45
Caracterización de cambios en cobertura boscosa en el estado Cojedes entre 1990 y 2008 Iraida Vivas, Luís Rumbo, Franklin Paredes y Freddy La Cruz .....	46-52
Uniformidad y pérdidas por evaporación y arrastre en riego por aspersión en Tarabana, estado Lara José Nicolás Ortiz, Héctor Miranda y Douglas Peroza .....	53-61
Análisis de eficiencia técnica con variables de entorno en unidades lecheras Javier A. Herrera, José Flores y Anaí García .....	62-74
Diagnóstico e índice para fertilización nitrogenada en etapa vegetativa del cultivo maíz ( <i>Zea mays</i> L.) Aymara Sánchez, Rodolfo Delgado, Javier Lorbes, Vianel Rodríguez, Luis Figueredo y Carlos Gómez .....	75-82
Observaciones sobre vegetación, geomorfología y suelos en los caños Morrocoy, Caribito y Jaboncillo, estado Barinas, Venezuela José Farreras y Richard Schargel† .....	83-90
Análisis preliminar de sustentabilidad de sistemas agrícolas en el sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa Félix Salamanca, Yumaris Arias, Carlos Aponte, Pedro Salazar y César Zambrano .....	91-99
Consideraciones técnicas para el diseño de sistemas de riego por goteo de baja presión asistido por la aplicación “RILO” V-4.27 José Gabriel Vargas y Nelys Escobar .....	100-107
Copoasú ( <i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng) Schum. Sterculiaceae) Freddy Leal .....	108-120

**REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**Volumen 33 - 2015**  
**enero – diciembre**

**CONTENT**

<b>Article</b>	<b>Pages</b>
Effect of physiographic position and deep in two tillage system on soil properties of Turen Betty Mendoza, Elena Vera, Alberto Chassaing, Carlos Gómez, Duilio Torres and Yakelín Bastidas .....	1-12
Biological data on Lance-tailed Manakin ( <i>Chiroxiphia lanceolata</i> ) in the forests of UNELLEZ- Guanare, Portuguesa, Venezuela Alexis Araujo-Quintero, Maryury González and Juan Carlos Fernández-Ordóñez .....	13-24
Effect of potassium nitrate on seed germination of three sweet pepper ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.) cultivars Soelis Andrade and Hernán Laurentin .....	25-29
Hand pollination and its feasibility in yellow passion fruit plantations in the highlands Falcon state Jorge Parés, Carlos Najul, Miguel Arizaleta and Henry Mujica .....	30-35
Use of organic admadments and biopolymers in biorremdiation of saline-sodic soils of Coro plain, Falcon, Venezuela Duilio Torres, José Pastor Mogollón, Yarleny Lázaro, Marianela González, Miklas López and Héctor Yendís .....	36-45
Characterizations of changes in forest cover at the Cojedes State between 1990 and 2008 Iraida Vivas, Luís Rumbo, Franklin Paredes and Freddy La Cruz .....	46-52
Uniformity and wind drift and evaporation losses in sprinkler irrigation at Tarabana, Lara State José Nicolás Ortiz, Héctor Miranda and Douglas Peroza .....	53-61
Analysis of efficiency with environment variables in units milkmaids Javier A. Herrera, José Flores and Anaí García .....	62-74
Diagnosis and index for nitrogen fertilization in vegetative stage in corn ( <i>Zea mays</i> L.) crop Aymara Sánchez, Rodolfo Delgado, Javier Lorbes, Vianel Rodríguez, Luis Figueredo and Carlos Gómez .....	75-82
Observations on vegetation, geomorpholgy and soils in Morrocoy, Caribito and Jaboncillo creeks, Barinas State, Venezuela José Farreras and Richard Schargel† .....	83-90
Preliminary analysis of sustainability of agricultural systems at Garcitas sector, Papelon Municipality, Portuguesa State Félix Salamanca, Yumaris Arias, Carlos Aponte, Pedro Salazar and César Zambrano .....	91-99
Technical considerations for the design of drip irrigation systems low pressure aided application "Rilo" V-4.27 José Gabriel Vargas and Nelys Escobar .....	100-107
Copoasu ( <i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng) Schum. Sterculiaceae) Freddy Leal .....	108-120



## **EFFECTO DE POSICIÓN FISIOGRAFICA Y PROFUNDIDAD EN DOS SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE ATRIBUTOS DE UN SUELO DE TURÉN\***

### **Effect of physiographic position and deep in two tillage system on soil properties of Turen**

Betty Mendoza<sup>1</sup>, Elena Vera<sup>1</sup>, Alberto Chassaigne<sup>2</sup>, Carlos Gómez<sup>1</sup>, Duilio Torres<sup>1</sup> y Yakelín Bastidas<sup>1</sup>

#### **RESUMEN**

En los llanos occidentales venezolanos la labranza convencional ha desmejorado la calidad del suelo, deteriorado la estructura y reducido la infiltración, carbono orgánico y la biomasa microbiana del suelo. Como manejo alternativo, se ha propuesto la siembra directa para incrementar la cantidad de residuos, carbono orgánico, y para reducir la erosión; sin embargo, los beneficios de los sistemas de labranza dependerán, entre otros factores, del tipo de paisaje y topografía. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la posición fisiográfica en dos sistemas de labranza sobre atributos químicos y biológicos del suelo. Se evaluaron dos posiciones fisiográficas (napa alta y baja) en dos sistemas de labranza (convencional y siembra directa) en un suelo aluvial de la Colonia Agrícola de Turén, Portuguesa, Venezuela. En cada parcela se tomaron 9 puntos de muestreo con tres repeticiones a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm). Los parámetros químicos determinados fueron: contenidos de materia orgánica (MO), fósforo, potasio y calcio, pH y conductividad eléctrica (CE), y los biológicos fueron carbono de la biomasa microbiana (CBm), respiración basal (C-CO<sub>2</sub>) y cociente metabólico (qCO<sub>2</sub>). Los resultados demostraron que la posición fisiográfica afectó significativamente los atributos químicos y biológicos en ambos sistemas de labranza. Se observó incremento de materia orgánica, así como mayor disponibilidad de nutrientes y actividad biológica en las posiciones bajas. Los valores más altos, para la mayoría de las variables evaluadas, estuvieron asociados al incremento de la fracción fina del suelo a través de la pendiente.

**Palabras clave:** siembra directa, calidad del suelo, biomasa microbiana.

#### **ABSTRACT**

In the Venezuelan western plains tillage has deteriorated soil quality, damaged the structure and reduced infiltration, organic carbon and soil microbial biomass. As alternative management, it has been proposed direct seeding to increase the amount of waste, organic carbon, and reduce erosion; however, the benefits of tillage systems depend, among other factors, the type of landscape and topography. This research aimed to evaluate the physiographic position effect in two tillage systems on soil chemical and biological attributes. Two physiographic positions (high and low napa) in two tillage systems (conventional and direct sowing) in an alluvial soil of agricultural Colonia Turén, Portuguesa, Venezuela were evaluated. In each plot nine sampling points were taken with three replications at two depths (0-10 and 10-20 cm). The chemical parameters determined were organic matter contents (OM), phosphorus, potassium and calcium, pH and electrical conductivity (EC); the biological parameters were microbial biomass carbon (MBC), basal respiration (C-CO<sub>2</sub>) and metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>). The results showed that the physiographic position significantly affected chemical and biological attributes in both tillage systems. It was seen an increase of organic matter; as well as, nutrients availability and biological activity in low positions. Higher values

(\*) Recibido: 13-06-2014

Aceptado: 19-04-2015

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

<sup>2</sup> Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Ciudad Nezahualcóyotl-México.

for most of the evaluated variables were associated to the increase of the fine fraction of the soil across the slope.

**Key words:** no tillage, soil quality, microbial biomass.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de labranza que se aplican en las regiones cerealeras venezolanas involucran la preparación intensiva del terreno, el uso prolongado de estos sistemas por décadas ha causado deterioro físico del suelo (Ospina *et al.* 2011), lo cual ha reducido los rendimientos. Entre los problemas detectados se encuentran compactación del suelo, incremento de la escorrentía, erosión y pérdida de la materia orgánica (Espinoza *et al.* 2007); así mismo en los últimos años se ha señalado que el deterioro de las propiedades físicas del suelo incrementa la producción de gases invernadero (Mangalassery *et al.* 2014) y reduce las condiciones para el desarrollo de los microorganismos (Zhang *et al.* 2012).

Como alternativa para revertir esta situación se han propuesto sistemas de labranza que causen una mínima perturbación al suelo, entre los cuales se destacan la labranza reducida y la siembra directa. Algunas de las bondades que ofrecen estos sistemas son el incremento de la cantidad de residuos en el suelo, lo cual favorece la acumulación de materia orgánica (Espinoza *et al.* 2007; Olson *et al.* 2014), mejoramiento de la estructura del suelo, reducción de la escorrentía y la erosión del suelo (Huggins y Reganold 2008; Devine *et al.* 2014).

El éxito de los sistemas de labranza dependerá entre otros factores de la textura del suelo (Simansky 2013), de las condiciones climáticas (Guan *et al.* 2014), de la cantidad y calidad de residuo aportado (Wang *et al.* 2012) y tipo de paisaje donde se desarrolle el sistema de labranza (Xiao-Rong *et al.* 2009; Peng-Tao *et al.* 2011), así como de prácticas conexas a la labranza como la quema de residuos, el uso de herbicidas y la incorporación de residuos (Narwal *et al.* 2006). La topografía es uno de los principales factores que controla los procesos del suelo (Gandomani *et al.* 2013), ya que influye en la cantidad y la intensidad

de la radiación solar que recibe un área y determina la intensidad de varios procesos como la erosión, la redistribución de los sedimentos y el drenaje local. Estos procesos, a su vez, afectan las propiedades biológicas y químicas del suelo (Peng-Tao *et al.* 2011).

Se ha reportado que los sistemas de labranza conservacionista están asociados al uso excesivo de agroquímicos, muchos de los cuales tienen alta persistencia en el suelo (Alister *et al.* 2009), lo cual ocasiona un efecto adverso sobre la microflora edáfica y afecta los procesos metabólicos que están involucrados en la mineralización de la materia orgánica (Andrea *et al.* 2003), solubilización de P (Ahemad y Khan 2010) y fijación de nitrógeno entre otros (Abbas *et al.* 2014).

La investigación se llevó a cabo en La Colonia Agrícola de Turén, Portuguesa, Venezuela, donde se han propuesto sistemas alternativos de labranza conservacionista para mejorar la calidad del suelo, la cual fue deteriorada por labranza convencional. Esta investigación tuvo como objetivo examinar el efecto de dos posiciones fisiográficas y profundidad en dos sistemas de labranza sobre los atributos químicos y biológicos del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y características del sitio de estudio

El estudio tuvo lugar en un suelo Fluventic Haplusteps, limoso, fino, mixto calcáreo isohipertérmico, bajo dos sistemas de labranza, labranza convencional (LC) y labranza cero o siembra directa (SD), ubicado en la Colonia Agrícola de Turén, municipio Turén, estado Portuguesa, Venezuela, coordenadas entre 9° 00' 16" y 9° 29' 04" de latitud norte y 68° 39' 50" y 69° 12' 17" de longitud oeste, con altura sobre el nivel del mar de 160 m, precipitación anual promedio de 1.424 mm y temperatura media anual

de 27 °C. Desde el punto de vista de su fisiografía, se encuentra ubicado en la planicie aluvial de desborde del río Acarigua (Cano *et al.* 1974), con poca pendiente general (inferior al 0,3%) y topografía regular y plana. Se seleccionaron dos sitios de muestreo en cada sistema de manejo en función de su posición fisiográfica, tomando como referencia la parte alta y la baja de la napa de limo de desborde (Gásperi y Graterol 1973) sobre la cual se identificó el suelo. A continuación se describe el manejo de los dos sistemas, muestreados al final del ciclo norte-verano (diciembre – abril).

### **Descripción de los sistemas de manejo agrícola en dos predios de la Colonia Agrícola de Turén.**

**Siembra directa:** Diez años sin labranza. Rotación maíz (*Zea mays* L)-girasol (*Helianthus annuus*), maíz-leguminosa. Herbicida pre-emergente glifosato 2 L ha<sup>-1</sup> con 2,4-D 500 cc ha<sup>-1</sup>. Post-emergente atrazina 1 kg ha<sup>-1</sup>, dos aplicaciones. Fertilización durante la siembra (10-20-20) 300 kg ha<sup>-1</sup> y urea 100 kg ha<sup>-1</sup>. Reabono, 150 kg ha<sup>-1</sup> de urea a los 25 días después de la siembra, 50 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, aplicación de abono foliar. Semilla tratada con thiodicarb + imidacloprid. Quema de residuos de cosecha de maíz. Residuos de girasol permanecen en la superficie. Siembra de maíz en junio. Densidad de siembra 80.000 semillas ha<sup>-1</sup>. Siembra de girasol entre octubre y noviembre. Densidad de siembra 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Labranza convencional:** Tres o dos pases de rastra (profundidad 10 – 15 cm). Rotación maíz-girasol. Herbicida pre-emergente Pendimethalin 3 L ha<sup>-1</sup>. Post-emergente atrazina 1 kg ha<sup>-1</sup>. Fertilización durante la siembra (10-20-20) 300 kg ha<sup>-1</sup>, y 15 días después de la siembra urea 150 kg ha<sup>-1</sup>. Semilla sin pre-tratamiento. Quema de residuos de cosecha de maíz y girasol. Siembra de maíz en junio. Densidad de siembra 80.000 semillas ha<sup>-1</sup>. Siembra de girasol entre octubre y noviembre. Densidad de siembra 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **Muestreo de suelo**

Se realizó un muestreo en la napa alta (NA) y napa baja (NB) de cada sistema de manejo, se delimitó un área de 900 m<sup>2</sup> que se dividió en cuadrículas de 3 x 3 puntos, distanciados a 10 m

entre sí, para un total de 9 puntos de muestreo. El muestreo de suelo se realizó antes de la siembra de maíz. En cada punto se tomaron muestras disturbadas de suelo a dos profundidades 0 – 10 y 10 – 20 cm, con tres repeticiones. Las muestras para las determinaciones biológicas fueron almacenadas a una temperatura de 4 °C. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas del decanato de Agronomía de la UCLA (UISNMP).

### **Atributos químicos evaluados**

Los atributos químicos fueron evaluados siguiendo la metodología de rutina usada por el laboratorio de la UISNMP de la Facultad de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (Gilabert de Brito *et al.* 1990). El pH y la conductividad eléctrica se midieron en suspensión suelo:agua 1:2, por el método potenciométrico y conductímetro, respectivamente; la materia orgánica fue determinada por el método de Walkley y Black (1934), fósforo por Olsen *et al.* (1954), calcio y potasio intercambiables se obtuvieron por extracción con cloruro de amonio 0,2 N (Rodríguez *et al.* 2011). La distribución de tamaño de partículas se realizó por el método modificado de Bouyoucos descrito por Pla (1983).

### **Atributos biológicos evaluados**

A las muestras de suelo se les determinó la respiración basal (C-CO<sub>2</sub>) según el método de Alef (1995) midiendo el CO<sub>2</sub> liberado mediante la utilización de una trampa de álcali, la biomasa microbiana (CBm) fue determinada por el método de respiración inducida del sustrato (Anderson y Domsch 1978). El cociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) se estimó a partir de la relación C-CO<sub>2</sub>/CBm.

### **Análisis estadístico**

El procesamiento estadístico de los datos consistió en análisis de varianza mediante comparación de las posiciones fisiográficas y profundidades en cada sistema de manejo por separado. El modelo estadístico aplicado se corresponde con un experimento factorial con dos factores: posición fisiográfica (NA y NB) y

profundidad (0-10 y 10-20 cm). Para cada combinación de posición y profundidad se tomaron 9 muestras. El modelo estadístico aplicado fue:  $y_{ijk} = \mu + F_i + P_j + (FP)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ ; donde  $F_i$  es el efecto debido a la posición fisiográfica,  $P_j$  es el efecto debido a la profundidad,  $(FP)_{ij}$  es el efecto de la interacción entre la posición y la profundidad, y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error. En los casos que fue necesario se realizaron comparaciones de medias por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). La asociación entre los atributos químicos y biológicos se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. El análisis estadístico se realizó usando el paquete estadístico computarizado Infostat versión 1.1 (2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la distribución de tamaño de partículas del suelo bajo dos posiciones fisiográficas en dos sistemas de labranza. La fracción arena disminuyó hacia la parte más baja de la napa, mientras que el limo y la arcilla se incrementaron, esto puede ser debido a la deposición por la escorrentía desde suelos adyacentes de la parte alta y al nivel de erosión del suelo en los sistemas estudiados (Ogban y Babalola 2009).

### Materia orgánica

La interacción ( $P < 0,05$ ) entre posición fisiográfica y profundidad sobre el contenido de MO en el sistema SD se observa en la Figura 1a, en ambas posiciones fisiográficas la MO disminuyó con la profundidad, pero la magnitud de los cambios fue mayor en la napa baja, además el cambio fue más evidente en la primera profundidad. Los valores bajos de MO en la posición alta de siembra directa se corresponden con un mayor contenido de arena, en consonancia con la correlación ( $r: -0,38$ ;  $P < 0,05$ ) entre MO y arena

(Tabla 4). La MO asociada a la arcilla es más resistente que la asociada a la fracción de arena (Du Preez *et al.* 2011). Por otra parte, el bajo contenido de MO en la posición alta pudiera estar asociado al efecto de la pendiente, ya que según Watts *et al.* (2010), la pendiente del paisaje favorece la pérdida de carbono orgánico del suelo proveniente de los residuos dejados en la superficie, lo cual se incrementa la quema y aumenta riesgo de erosión. En SD el contenido de materia orgánica presentó valores entre 25,7 y 11,1 g kg<sup>-1</sup>, considerados medios en la capa superficial y bajos en la segunda profundidad.

En la siembra directa los rastrojos se manejan sobre la superficie del suelo, esto explica la mayor cantidad de MO en la profundidad 0-10 cm, aunque se esperarían valores más altos. En la zona de estudio es común quema de residuos, lo cual contribuye a una reducción en el contenido de carbono orgánico (Wuest *et al.* 2005). A pesar que la quema de residuos genera la formación de carbón, que es una forma de carbono recalcitrante, el fuego genera pérdida de carbono del suelo (Camps *et al.* 2004); sin embargo, el efecto de la quema de residuos de cosecha sobre el carbono orgánico y otras propiedades del suelo dependen en gran medida de la intensidad de la quema, de la duración, del volumen del material quemado y su naturaleza (Lal 2005).

En labranza convencional no hubo diferencias en contenido de MO atribuidas a la posición, pero existieron diferencias entre profundidades (Tabla 2), los valores fueron superiores en el primer estrato para ambas posiciones fisiográficas, esto se debe a la limitada entrada de material orgánico en la capa inferior (Urich *et al.* 2010), debido a que en la zona el sistema de labranza empleado es superficial, penetra solo hasta los primeros 10 a 15 cm.

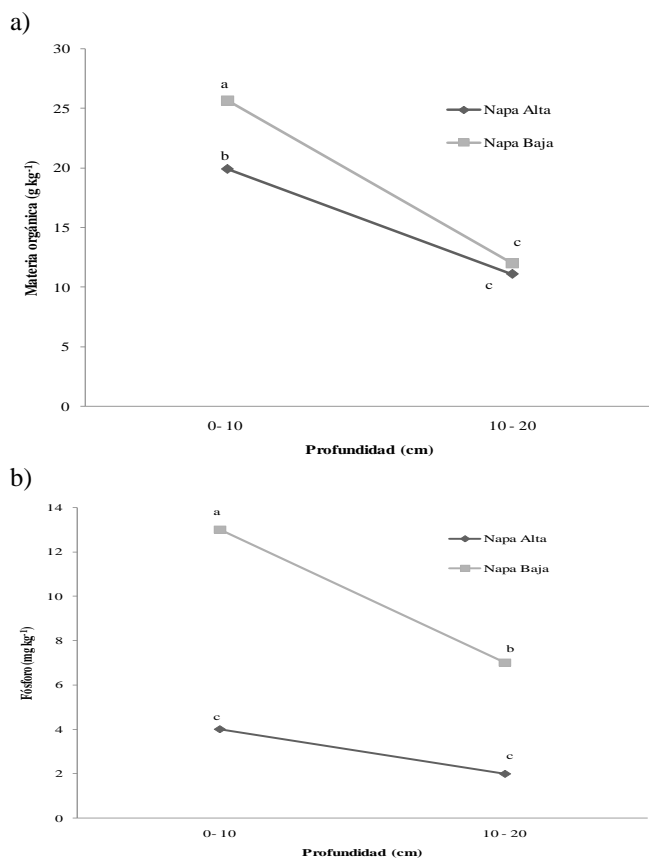
**Tabla 1. Distribución de tamaño de partículas de un suelo bajo dos sistemas de labranza en dos posiciones fisiográficas a dos profundidades.**

	Siembra directa				Labranza convencional			
	Napa alta		Napa baja		Napa alta		Napa baja	
	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20
<b>Arena %</b>	47	49	22	27	31	32	9	9
<b>Limo %</b>	38	36	56	52	53	49	59	59
<b>Arcilla %</b>	15	15	22	21	16	19	32	32
<b>Textura</b>	F	F	FL	FL	FL	F-FL	FAL	FAL

## Fósforo disponible

El efecto de la interacción profundidad x posición fisiográfica sobre el contenido de fósforo disponible en LC ( $P < 0,05$ ) se muestra en la Figura 1b; en la NB hubo diferencias significativas en el contenido de P debido las profundidades, mientras que en la NA no, esto último puede ser explicado por lo que señalan Martínez *et al.* (2013), con labranza el fertilizante fosfatado es distribuido homogéneamente en el suelo en los primeros 30 cm de suelo.

Por otro lado, en labranza convencional el contenido de fósforo en la napa baja fue significativamente superior a la napa alta (Figura 1b). En este sistema el suelo está descubierto, lo cual facilita el efecto de la pendiente sobre el proceso de erosión de partículas del suelo que retienen el fósforo, de esa manera se trasladan de la parte alta a la baja. De acuerdo con Shigaki *et al.* (2006) el P se pierde por escorrentía y transporte desde terrenos con pendiente.



**Figura 1. Interacción posición fisiográfica\*profundidad sobre: a) el contenido de materia orgánica en suelo bajo siembra directa; b) contenido de fósforo en suelo bajo labranza convencional ( $P < 0,05$ ).**

En siembra directa no se observaron cambios significativos en el contenido de P entre las dos posiciones fisiográficas pero si entre las profundidades (Tabla 2). El contenido de fósforo fue significativamente mayor en la capa más superficial. Según Martínez *et al.* (2013), en siembra directa el fertilizante fosfatado es aplicado al momento de la siembra cerca de la semilla, entonces la limitada movilización intrínseca del P restringe su distribución a pocos centímetros cerca de la semilla plantada.

Los niveles de fósforo en general son muy bajos, oscilaron entre 1,22 y 13 mg kg<sup>-1</sup>, estos resultados pueden atribuirse a la extracción realizada por los cultivos y a los altos niveles de calcio que pueden generar mecanismos de fijación del fósforo (Samadi y Gilkes 1999). La baja disponibilidad de P es a veces el factor más limitante para el crecimiento del cultivo en suelos calcáreos. Cuando el fertilizante fosfatado es aplicado a un suelo calcáreo, una serie de reacciones de fijación ocurren, de esta manera decrece gradualmente su solubilidad y eventualmente su disponibilidad para las plantas. La fijación de fósforo es una combinación de adsorción superficial sobre arcilla y calcio y precipitación de varios minerales de fosfatos de calcio (Leytem y Mikkelsen 2005).

## Reacción del suelo

El pH del suelo indica reacción alcalina, ya que los valores están en el rango entre 7,4 y 7,89. En ambos sistemas el pH fue mayor en la posición alta para ambas profundidades (Tabla 2). Para todos los casos el pH aumentó significativamente con la profundidad, debido a que en la capa superficial ocurre mayor acumulación y descomposición de la materia orgánica, lo cual puede liberar ácidos orgánicos e inorgánicos que resulta en una disminución del pH (Xiao-Rong *et al.* 2009), esto es validado con la correlación entre el pH y la materia orgánica ( $r = -0,40$ ;  $P < 0,05$ ) mostrada en la Tabla 4. Por otro lado se observa que la alcalinidad tiende a disminuir bajo SD con respecto a LC, resultados similares fueron reportados por Martínez *et al.* (2013), quienes explican que la aplicación de fertilizantes nitrogenados, particularmente urea, acidifica el suelo cerca del área de siembra.

**Tabla 2. Efecto de dos posiciones fisiográficas y profundidad en dos sistemas de labranza sobre atributos químicos del suelo.**

Profundidad cm	Siembra Directa														
	pH			CE dS m <sup>-1</sup>			P mg Kg <sup>-1</sup>			K cmol(+) Kg <sup>-1</sup>			Ca cmol(+) Kg <sup>-1</sup>		
	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	
0 – 10	7,49	7,4	7,44b	0,69	0,76	0,72a	3,78	3,89	3,83a	0,39	0,35	0,37a	9,98	10,96	10,47a
10 – 20	7,73	7,62	7,68a	0,21	0,37	0,29b	1,22	2,33	1,78b	0,14	0,23	0,19b	8,89	10,53	9,71b
Media	7,61a	7,51b		0,45b	0,57a		2,50a	3,11a		0,27a	0,29a		9,44b	10,74a	
Profundidad cm	Labranza Convencional														
	pH			CE dS m <sup>-1</sup>			MO g Kg <sup>-1</sup>			K cmol(+) Kg <sup>-1</sup>			Ca cmol(+) Kg <sup>-1</sup>		
	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	
0 – 10	7,67	7,57	7,62b	0,52	0,67	0,60a	24,3	24,4	24,4a	0,36	0,36	0,36a	9,18	12,08	10,63a
10 – 20	7,89	7,72	7,81a	0,25	0,38	0,31b	15,9	19,3	17,6b	0,13	0,19	0,16b	10,01	12,15	11,08a
Media	7,78a	7,64b		0,39b	0,53a		20,1a	21,9a		0,25a	0,27a		9,6b	12,11a	

NA: napa alta; NB: napa baja; CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; K: potasio intercambiable; Ca: calcio intercambiable. Valores seguidos de distinta letra en la fila o la columna indican que son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) según Tukey.

### Conductividad eléctrica

La CE en la capa superficial de todos los sistemas fue media (0,60 a 0,72 dS m<sup>-1</sup>) y en la segunda capa fue baja (0,29 a 0,31 dS m<sup>-1</sup>), como se observa en la Tabla 2, sin problemas de salinidad. La CE fue significativamente mayor en la parte baja de la napa en ambos sistemas de labranza, debido al proceso de escorrentía o erosión hídrica característico de la zona. Así mismo, la CE disminuyó con la profundidad, el valor más alto ocurrió en SD, esto pudo estar determinado por la aplicación de fertilizantes en la superficie y al proceso de evaporación del agua del suelo desde la superficie en combinación con la absorción de la misma por parte de las plantas, lo que conlleva al ascenso por capilaridad de las sales disueltas en la solución del suelo, y se acumula en la capa más superficial (Veenstra *et al.* 2006). El sistema de labranza puede influir sobre la distribución de las sales en el perfil del suelo, en SD los fertilizantes no son mezclados con el suelo, por lo cual las sales se acumulan en la capa superficial; mientras que en la labranza convencional las sales son mezcladas y distribuidas a través de la capa arable. García (2001) informaron mayor CE en los primeros 2 cm de suelo bajo no labranza con respecto a labranza convencional, asociado a la gran actividad biológica en el sistema. Procesos biológicos tales como la nitrificación incrementan la transformación de la materia orgánica y genera aumento en la CE. Patriquin *et al.* (1993) y Gulser *et al.* (2010) determinaron que el

NO<sub>3</sub>-N liberado después de la fertilización orgánica muestra una correlación positiva con la conductividad eléctrica del suelo. Estos resultados concuerdan con la presente investigación donde se encontró una correlación positiva entre CE y MO ( $r = 0,64$ ;  $P < 0,05$ ) (Tabla 4).

### Calcio intercambiable

La posición fisiográfica tuvo efecto sobre el Ca intercambiable, fue significativamente mayor en la posición más baja de la napa en ambos sistemas (Tabla 2). Estos resultados coinciden con los presentados por Kabrick *et al.* (2011), quienes sugirieron un enriquecimiento considerable con el calcio en suelos aluviales, presumiblemente por el flujo superficial y subsuperficial desde las tierras altas adyacentes y por la deposición de sedimentos relativamente inalterados durante las inundaciones. Por otro lado, Huntington *et al.* (2000) y Bailey *et al.* (2004) indican que el calcio intercambiable es afectado por varios factores que incluyen los relacionados con el origen y naturaleza del material parental, posición de la pendiente y movimiento del agua dentro del suelo. La posición de la pendiente afecta el flujo de agua a través del paisaje y redistribuye el calcio en la solución del suelo durante largos períodos de tiempo (Johnson *et al.* 2000; Bailey *et al.* 2004).

### Potasio intercambiable

La profundidad afectó el potasio intercambiable,

fue significativamente mayor en la capa más superficial para todos los casos (Tabla 2), debido a la fertilización potásica y acumulación de MO en la superficie, que libera potasio e incrementa su cantidad en forma disponible (Xiao-Rong *et al.* 2009). En la Tabla 4 se observa correlación positiva ( $r=0,56$ ;  $P<0,05$ ) entre el K intercambiable y la MO. Estos resultados concuerdan con lo informado por Bravo *et al.* (2007), quienes reportan mayor contenido de potasio intercambiable a la profundidad de 0 a 10 cm después de 22 años con siembra directa.

### Carbono de biomasa microbiana

En labranza convencional los valores de CBm estuvieron entre 248,49 y 98,20  $\mu\text{g CBm g}^{-1}$  (Tabla 3). El CBm fue mayor ( $P<0,05$ ) en la capa superficial, esto puede ser atribuido a un menor nivel de nutrientes y en particular de carbono orgánico a mayor profundidad del perfil de suelo (Babujia *et al.* 2010; Santos *et al.* 2012). Los valores de CBm tienden a ser altos para un sistema convencional debido a una mayor entrada de carbono y a que el volumen de carbono es incrementado por corto tiempo después de que los residuos orgánicos son incorporados (Wardle 1998); contrario a esto, Joergensen *et al.* (2010) indicaron que la labranza permitió la dilución de la biomasa microbiana sobre un gran volumen de suelo. Por otro lado, es sabido que la biomasa microbiana del suelo depende en gran medida de la materia orgánica del suelo como sustrato; un

aumento del carbono orgánico del suelo incrementa la biomasa microbiana (Chen *et al.* 2005), lo cual es evidente a partir de la correlación entre CBm y MO ( $r= 0,59$ ;  $P<0,05$ ) obtenida en este estudio (Tabla 4).

En el sistema de SD el CBm tuvo un comportamiento similar al reportado en LC, los valores más altos fueron encontrados en la primera profundidad, sin embargo, estos valores fueron inferiores a los esperados para un sistema conservacionista, esto puede ser explicado por la práctica de quema de los residuos de cosecha, que disminuyó las entradas de carbono orgánico en el suelo.

En ambos sistemas de manejo, la posición fisiográfica no afectó significativamente el CBm, estos resultados indican que los cambios en la biomasa microbiana son más afectados por la profundidad y las entradas de materia orgánica, que por la posición fisiográfica. Sin embargo, Xiaojun *et al.* (2013) señalan que las diferencias en la relación CBm/COS en dos pendientes están probablemente asociadas con la respuesta del CBm a los cambios de las partículas finas de arcilla.

### Respiración basal

En la Tabla 3 se observan valores de 24,78 a 48,90  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , cercanos a valores reportados por Álvarez *et al.* (2010) entre 23,6 y 35,2  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ . Similar al CBm, la respiración fue

**Tabla 3. Efecto de dos posiciones fisiográficas y profundidad en dos sistemas de labranza sobre atributos biológicos del suelo.**

Profundidad cm	Siembra directa								
	$\mu\text{gCBm g}^{-1}$			$\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ día}^{-1}$			$\text{qCO}_2 (\mu\text{g C-CO}_2 \text{ h}^{-1}/\mu\text{g CBm g}^{-1}) * 10^3$		
	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media
0 – 10	171,09	146,1	158,60a	32,82	35,92	34,37a	8,11	10,54	9,33b
10 – 20	69,58	67,84	68,71b	24,78	29,42	27,10b	16,02	20,6	18,31a
Media	120,54a	106,97a		28,80b	32,67a		12,07b	15,57a	
	Labranza Convencional								
	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media
0 – 10	233,23	248,49	240,86a	36,69	48,9	42,80a	6,62	8,33	7,48b
10 – 20	98,2	136,05	117,13b	27,87	40,78	34,32b	13,34	14,31	13,82a
Media	165,72a	192,27a		32,28b	44,84a		9,98a	11,32a	

NA: napa alta; NB: napa baja; CBm: carbono de la biomasa microbiana; C-CO<sub>2</sub>: respiración basal; qCO<sub>2</sub>: cociente metabólico. Valores seguidos de distinta letra en la fila o la columna indican que son estadísticamente diferentes ( $P<0,05$ ) según Tukey.

**Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson entre atributos químicos y biológicos de un suelo bajo dos sistemas de labranza en dos posiciones fisiográficas.**

	pH	CE	MO	P	Ca	K	CBm	C-CO <sub>2</sub>	q-CO <sub>2</sub>	Arena	Limo	Arcilla
pH		-0,72**	-0,40**	-0,24*	ns	-0,67**	-0,31*	ns	ns	ns	ns	ns
CE			0,64**	0,43**	0,28*	0,76**	0,58**	0,41**	-0,45**	ns	0,26*	ns
MO				0,46*	0,26*	0,53*	0,59*	0,48*	-0,48**	-0,38**	0,40**	0,28*
P					0,62**	0,37**	0,62**	0,76**	-0,29*	-0,62**	0,45**	0,70**
Ca						ns	ns	0,53**	ns	-0,68**	0,50**	0,73**
K							0,37**	0,38**	-0,46**	ns	ns	ns
CBm								0,66**	-0,77**	-0,31*	0,34*	ns
C-CO <sub>2</sub>									ns	-0,70**	0,59**	0,66**
qCO <sub>2</sub>										ns	ns	ns

CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; K: potasio intercambiable; Ca: calcio intercambiable; CBm: carbono de la biomasa microbiana; C-CO<sub>2</sub>: respiración basal; qCO<sub>2</sub>: cociente metabólico; ns: no significativo; \*: significativo (P< 0,05); \*\*: significativo (P< 0,01).

estadísticamente superior en la capa más superficial en ambos sistemas de manejo, esto concuerda con la afirmación de que los mecanismos de perturbación (mecanización, quema) en el suelo pueden incrementar la respiración (Kainiemi 2014). Se encontró correlación positiva entre el CBm y C-CO<sub>2</sub> (r= 0,66; P<0,05) como se muestra en la Tabla 4.

A diferencia del CBm, la tasa de respiración fue afectada por la posición fisiográfica, lo cual concuerda con lo reportado por Watts *et al.* (2010) y Xiaojun *et al.* (2013), quienes informaron que las zonas de depresión pueden causar incremento de la materia orgánica, por lo tanto hay un incremento en la tasa de respiración. En este trabajo se observó una correlación positiva entre la MO y C-CO<sub>2</sub> (r= 0,48; P<0,05) según se muestra en la Tabla 4. El incremento de la respiración, también está asociado a una mayor disponibilidad de agua, la cual se incrementa cuando el contenido de arcilla es mayor (r=0,66; P<0,01). Moyano *et al.* (2012) reportaron que el contenido de arcilla afectó la relación entre la humedad del suelo y la respiración, lo cual podría explicar los cambios en la respiración.

### Cociente metabólico

El qCO<sub>2</sub> (µg C-CO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>/µgCBm g<sup>-1</sup>)\*10<sup>3</sup> estuvo entre 6,62 y 20,60, dentro del rango reportado por otros investigadores (Toledo y Florentino 2012) y superior a lo reportado por Álvarez *et al.* (2010), quienes informaron valores de 2,78 a 4,51 (µg C-CO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>/µgCBm g<sup>-1</sup>)\*10<sup>3</sup>. Valores menores de cociente metabólico en la capa superficial de ambos sistemas de manejo indican mayor eficiencia de utilización de carbono por las comunidades

microbianas, lo cual puede ser importante en el mantenimiento o incremento del contenido de carbono orgánico del suelo (Babujia *et al.* 2010).

Un decrecimiento en el CBm combinado con un incremento del qCO<sub>2</sub> puede deberse a que la biota del suelo ha sido afectada negativamente por la aplicación sucesiva de herbicidas por un período prolongado de tiempo. El uso excesivo de herbicidas en los sistemas de siembra directa, también puede explicar los valores más bajos de biomasa microbiana en estos sistemas. A pesar de que la tasa de respiración puede ser mayor cuando se aplican herbicidas, Tironi *et al.* (2009) señalaron que las alteraciones de CO<sub>2</sub> no pueden ser atribuidas al efecto tóxico de los herbicidas, ya que existe una mayor tasa de respiración por unidad de biomasa cuando se aplican dosis mayores, aunque se observa una reducción en las poblaciones de microorganismos.

La presente investigación demuestra que los atributos químicos y biológicos del suelo, no dependen única y exclusivamente de la disminución de la frecuencia e intensidad de laboreo, sino que deben considerarse aspectos como el clima, posición fisiográfica, textura, así como el manejo de los residuos y control de malezas.

### CONCLUSIONES

Los cambios en los atributos químicos y biológicos del suelo en ambos sistemas de labranza estuvieron relacionados con la posición fisiográfica, se observó incremento de carbono orgánico, mayor disponibilidad de nutrientes y actividad biológica en las posiciones bajas, lo cual estuvo asociado con



incremento de la fracción fina del suelo encontrado a lo largo de la pendiente.

La profundidad tuvo efecto significativo sobre los atributos químicos y biológicos del suelo en los dos sistemas de labranza. En la capa superficial se encontró mayor contenido de materia orgánica, nutrientes y actividad biológica, pero menores valores de pH y cociente metabólico.

El contenido de carbono orgánico del suelo bajo siembra directa tendió a disminuir, como consecuencia de la quema de residuos y aplicación de herbicidas, lo que repercutió negativamente en la actividad biológica del suelo.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Tecnológico de la UCLA (CDCHT) por el financiamiento del proyecto “Variaciones de las características de suelo y del cultivo del maíz en dos sistemas de labranza en La Colonia Agrícola de Turén”.

### REFERENCIAS

Abbas, Z., Akmal, M., Khan, K. and Hassan, F. 2014. Effect of Buctril Super (Bromoxynil) herbicide on soil microbial biomass and bacterial population. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 57(1):9-14.

Ahemad, M. and Khan, M. 2010. Influence of selective herbicides on plant growth promoting traits of phosphate solubilizing *Enterobacter asburiaes* strain PS2. *Res. J. Microbiol.* 5(9):849-857.

Alef, K. 1995. Soil respiration. *In: Alef, K. and Nannipieri, P. (Eds). Methods in applied soil microbiology and biochemistry.* Academic Press. Harcourt Brace & company, Publishers. London. pp. 214-217.

Alister, C., Gomez, P., Rojas, S. and Kogan, M. 2009. Pendimethalin and oxyfluorfen degradation under two irrigation conditions over four years application. *Journal of Environmental Science and Health, Part B:*

*Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* 44(4): 337-343.

Álvarez, J., Díaz, E., León, N. y Guillén, J. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamerica* 28(3):239-245.

Anderson, J. and Domsch, K. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10:215-221.

Andréa, M. de, Peres, T., Luchini, L., Bazarin, C., Papini, S., Matallo, M. and Savoy., V. 2003. Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity. *Pesq. Agrop. Bras. Brasília* 38(11): 1329-1335.

Babujia, L., Hungria, M., Franchini, J. and Brookes, P. 2010. Microbial biomass and activity at various soil depths in Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biol. Biochem.* 42:2174-2181.

Bailey, S., Horsley, S., Long, R. and Hallett, R. 2004. Influence of edaphic factors on sugar maple nutrition and health on the Allegheny Plateau. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:243-252.

Bravo, C., Giráldez, J., Ordóñez, R., González, P. and Torres, P. 2007. Long-term influence of conservation tillage properties of surface horizon and legume crop yield in a vertisol of Southern Spain. *Soil Sci.* 172 (2): 141-147.

Camps, M., Mourenza, C., Alvarez, E. and Macias, F. 2004. Influence of parent material 11 and soil type on the root chemistry of forest species grown on acid soils. *Forest Ecol. Manag.* 193 (12):307-320.

Cano, M., Granados, F. y Yepes, W. 1974. Estudio agrológico tipo reconocimiento del Estado Portuguesa. Sector la Chaconera – Río Portuguesa. Caño Turén. Proyecto MAC – CENIAP – FUDECO – Gobernación. Ministerio de Agricultura y Tierras. 115 p.

- Chen, T., Chiu, C. and Tian, G. 2005. Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest. *Pedobiología* 49:645-53.
- Devine, S., Markewitz, D., Hendrix, P. and Coleman, D. 2014. Soil aggregates and associated organic matter under conventional tillage, no-tillage and forest succession after three decades. *Plos One* [Revista en línea], 9(1): e84988. Disponible: <http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0084988&representation=PDF>. [Agosto de 2014].
- Du Preez, C., Van Huyssteen, C. and Mkeni, P. 2011. Land use and soil organic matter in South Africa. 2: A review on the influence of arable crop production. *S. Afri. J. Sci.* 107(5/6): 1-8.
- Espinoza, Y., Lozano, Z. y Velásquez, L. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia* 32 (8): 554-559.
- Gandomani, Z., Jalalian, A., Jalalabadi, J. and Fathabadi, H. 2013. Impact of land form position and soil properties on soil pore distribution in hilly regions of Koohrang. *Intl. J. Agron. Plant. Prod.* 4(S):3569-3575.
- García, J. 2001. Efectos residuales y acumulativos producidos por la aplicación de compost de residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agrosistemas mediterráneos degradados. Tesis Ph.D. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid. 277 p.
- Gásperi, R. y Graterol, L. 1973. Estudio de Suelos semidetallado. Unidad Agrícola de Turén. Primer avance. MOP. Dirección General de Recursos Hidráulicos. 54 p.
- Gilabert de Brito, J., López de Rojas, I. y Pérez de Roberti, R. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia (Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad). Maracay. Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 60 p.
- Guan, D., Al-Kaisi, M., Zhang, Y., Duan, L., Tan, W., Zhang, M. and Li, Z. 2014. Tillage practices affect biomass and grain yield through regulating root growth, root-bleeding sap and nutrients uptake in summer maize. *Field Crops Res.* 157: 89-97.
- Gulser, C., Demir Z. and Ic, S. 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology* 31(5) 671-674.
- Huggins, D. and Reganold, J. 2008. No-till: The quiet revolution. *Sci. Am.* 299: 70-77.
- Huntington, T., Hooper, R., Johnson, C., Aulenbach, B., Cappellato, R. and Blum, A. 2000. Calcium depletion in a southeastern United States forest ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1845-1858.
- INFOSTAT. 2002. InfoStat versión 1.1. Grupo InfoStat. Fac. Cs. Agr. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Joergensen, R., Mäder, P. and Fliebach, A. 2010. Long term effects of organic farming on fungal and bacterial residues in relation to microbial energy metabolism. *Biol. Fertil. Soils* 46:303-307.
- Johnson, C., Ruiz-Mendez, J. and Lawrence, G. 2000. Forest soil chemistry and terrain attributes in a Catskills watershed. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1804-1814.
- Kabrick, J., Goyne, K., Fan, Z. and Meinert, D. 2011. Landscape determinants of exchangeable calcium and magnesium in Ozark Highland forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75:164-180.
- Kainiemi, V. 2014. Tillage effects on soil respiration in Swedish arable soils. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2: 68.
- Lal, R. 2005. World crop residues production and implications of its use as a biofuel. *Env. Intl.* 31:575-586.

- Leytem, A. and Mikkelsen, R. 2005. The nature of phosphorus in calcareous soils. *Better Crops* 89(2):11-13.
- Mangalassery, S., Sjögersten, D., Sparkes, C., Sturrock, J., Craigon J. and Mooney, S. 2014. To what extent can zero tillage lead to a reduction in greenhouse gas emissions from temperate soils?. *Scientific Report* 4(4586): 1-8.
- Martinez, E., Fuentes, J., Pinto, V., Silva, P. and Acevedo, E. 2013. Chemical and biological properties as affected by no-tillage and conventional tillage systems in an irrigated Haploxeroll of Central Chile. *Soil Tillage Res.* 126:238-245.
- Moyano, F., Vasilyeva, N., Bouckaert, L., Cook, F., Craine, J., CurielYuste, J., Don, A., Epron, D., Formanek, P., Franzluebbers, A., Käterer, T., Orchard, V., Reichstein, M., Rey, A., Ruamps, L., Subke, J., Thomsen, I. and Chenu, I. 2012. The moisture response of soil heterotrophic respiration: interaction with soil properties. *Biogeosciences* 9:1173-1182.
- Narwal, S., Sindel, S. and Jessop, R. 2006. Effects of tillage and burning of residue on annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.) seed banks. *In: proceedings from NJF Seminar 378 "Tillage systems for the benefit of agriculture and the environment"* Nordic Agricultural Academy, Odense, Denmark. pp. 62-67.
- Ogban, P. and Babalola, O. 2009. Characteristics, classification and management of inland valley bottom soils for crop production in subhumid southwestern Nigeria. *Agro-Science* 8: 1-13.
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F. and Dean, L. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *USDA. Cir. N° 939.*
- Olson, K., Al-Kaisi, M., Lal, R. and Lowery, B. 2014. Experimental consideration, treatments, and methods in determining soil organic carbon sequestration rates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78: 348 – 360.
- Ospina, A., Florentino, A., Velázquez, L. y Araujo, D. 2011. Respuesta de las propiedades físicas del suelo después de 11 años de manejo bajo siembra directa y rotación de cultivos en Turén, estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Fac. Agr. (UCV)* 37(2): 75-85.
- Patriquin, D., Blaikie, H., Patriquin M. and Yang, C. 1993. Farm measurements of pH, electrical conductivity and nitrate in soil extracts for monitoring coupling and decoupling of nutrient cycles. *Bio. Agric. Horticult.* 9: 231-272.
- Peng-Tao, G., Wei, W., Hong-Bin, L. and Mao-Fen, L. 2011. Effects of land use and topographical attributes on soil properties in an agricultural landscape. *Soil Research* 49(7): 606-613.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización Física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales, *Rev. Fac. Agron. Alcance* N° 32. Maracay (Venezuela). 90 p.
- Rodríguez, O., Guerra, E., Rodríguez, V., Henríquez, M., Sánchez, A., Mendoza, B. y Rodríguez, Z. 2011. Capacidad de extracción de cationes mediante acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. *Interciencia* 36(2): 219-223.
- Samadi, A. and Gilkes, R. 1999. Phosphorus transformations and their relationships with calcareous soil properties of Southern Western Australia. *SoilSci. Soc. Am. J.* 63: 809-815.
- Santos, V., Araújo, A., Leite, L., Nunes, L. and Melo, W. 2012. Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems. *Geoderma* 170:227-231.
- Shigaki, F., Sharpley, A. and Prochnow, L. 2006. Source-related transport of phosphorus in surface runoff. *J. Environ. Quality* 35: 2229-2235.

- Simansky, V. 2013. Soil structure stability and distribution of carbon in water-stable aggregates in different tilled and fertilized Haplic Luvisol. Acta Univ. Agric. etsilvic. Mendel. Brun. LX(3):173 – 178.
- Tironi, S., Belo, A., Fialho, C., Galon, L., Ferreira, E., Silva, A., Costa, M. e Barbosa, M. 2009. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo. Planta Daninha 27: 995-1004.
- Toledo, V. y Florentino, A. 2012. Evaluación de las propiedades biológicas y bioquímicas de la costra microbiótica de un suelo bajo vegetación natural en la región árida de Quíbor, Venezuela. Revista de Investigación 36(75):143-162.
- Urich, S., Tischer, S., Hofmann, B. and Christen, O. 2010. Biological soil properties in a long-term tillage trial in Germany. J. Plant Nutr. Soil Sci. 173(4): 483-489.
- Veenstra, J., Horwath, W., Mitchell, J. and Munk, D. 2006. Conservation tillage and cover cropping influence soil properties in San Joaquin Valley cotton-tomato crop. California Agriculture 60: (3) 146-153.
- Walkley, A. and Black, A. 1934. An examination of the method for determination soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration meted. Soil. Sci. 37: 29-38.
- Wang, J., Li, X., Zhu, A., Zhang, X., Zhang, H. and Liang, W. 2012. Effects of tillage and residue management on soil microbial communities in North China. Plant Soil Environ. 58(1): 28-33.
- Wardle, D. 1998. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: A global-scale synthesis. Soil Biol. Biochem. 30 (13):1627-1637.
- Watts, D., Torbert, H., Feng, Y. and Prior, S. 2010. Soil microbial community dynamics as influenced by composted dairy manure, soil properties, and landscape position. Soil Sci. 175(10):474-486.
- Wuest, S., Caesar-TonThat, T., Wright, S. and Williams, J. 2005. Organic matter addition, N, and residue burning effects on infiltration, biological, and physical properties of an intensively tilled silt-loam soil. Soil Tillage Res. 84:154–167.
- Xiaojun, N., Jianhui, Z. and Zhengan, S. 2013. Dynamics of soil organic carbon and microbial biomass carbon in relation to water erosion and tillage erosion. Plos One [Revista en línea], 8(5):e64059. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3661570/pdf/pone.0064059.pdf>. [Agosto de 2014].
- Xiao-Rong, W., Ming-an, S., Xing Zhang, Z. and Hong-bo, S. 2009. Landform affects on profile distribution of soil properties in black locust (*Robinia pseudoacacia*) land in loessial gully region of the Chinese Loess Plateau and its implications for vegetation restoration. African Journal Biotechnology 8(13): 2984-2992.
- Zhang, B., He, H., Ding, X., Zhang, X., Zhang, X., Yang, X. and Filley, T. 2012. Soil microbial community dynamics over a maize (*Zea mays* L.) growing season under conventional- and no-tillage practices in a rainfed agroecosystem. Soil and Tillage Res. 124: 153-160.

# DATOS BIOLÓGICOS DEL SALTARÍN COLA DE LANZA (*Chiroxiphia lanceolata*) EN LOS BOSQUES DE LA UNELLEZ, GUANARE, PORTUGUESA, VENEZUELA\*

## Biological data on Lance-tailed Manakin (*Chiroxiphia lanceolata*) in the forests of UNELLEZ-Guanare, Portuguesa, Venezuela

Alexis Araujo-Quintero<sup>1</sup>, Maryury González<sup>2</sup> y Juan Carlos Fernández-Ordóñez<sup>3</sup>

### RESUMEN

Entre diciembre 2011 y noviembre 2012, se trabajó en una estación de anillamiento de aves en fragmentos boscosos de la UNELLEZ-Guanare, se compiló información biológica de *Chiroxiphia lanceolata* (biometría, muda, reproducción y dinámica poblacional). Cambios en la abundancia, estructura de edades y proporción de sexos, describen el ciclo reproductivo de esta especie. Las hembras tienden a ser más pesadas; mientras que los machos en promedio son más largos, diferencia que podría estar involucrada con el tamaño corporal y las exhibiciones para atraer y cortejar a las hembras. La categorización de edades por plumaje generada indica que individuos juveniles tienen un plumaje básico verde oliva, en su primer (machos y hembras) o segundo (hembras) año de edad. La presencia de tonalidades anaranjadas en la corona, define a machos y posiblemente a hembras en su primer y segundo año, respectivamente. La corona roja y plumaje negro en la cara es de tipo formativo, para machos en su segundo año. El plumaje básico secundario (plumas de color azul dispersas en el manto) define a machos de tercer año. El plumaje definitivo: corona roja, manto azul y cuerpo negro, caracteriza a machos cuya edad es mayor que el tercer año. En nuestro país, no hay datos concretos que suministren la información biológica aquí discutida. Por otra parte, los bosques estudiados, resultaron zonas de despliegue donde se forman los grupos de exhibición cooperativa (*leks*), relevantes para la viabilidad poblacional de esta especie.

**Palabras clave:** aves, Pipridae, muda, Passeriformes, dinámica poblacional, ciclo biológico.

### ABSTRACT

Between December 2011 and November 2012, a work was done on a bird banding station in forest fragments of UNELLEZ-Guanare, *Chiroxiphia lanceolata* biological information (biometrics, dumb, reproduction and population dynamics) was compiled. Changes in abundance, age structure and sex ratio, described the reproductive cycle of this species. Females tend to be heavy, while males are longer on average; a difference that may be involved with body size and exhibitions to attract and woo females. The age categorization by plumage generated indicates that juveniles have a green olive basic plumage in their first (males and females) or second (female) year old. The presence of orange hues in the crown defines males and females possibly in their first and second year, respectively. The red crown and black plumage on the face is formative for males in their second year. The secondary basic plumage (feathers scattered blue mantle) defines male juniors. The definitive plumage: red crown, blue robe and black body, characterizes males whose age is greater than the third year. In our country, there are no concrete data that provide the biological information discussed here. Moreover, forests studied were deployment areas where cooperative exhibition groups (*leks*), relevant to the population viability of this species are formed.

**Key words:** birds, Pipridae, moult, Passeriformes, population dynamics, biological cycle.

(\*) Recibido: 17-09-2014

Aceptado: 27-04-2015

<sup>1</sup> Museo de Ciencias Naturales de Guanare, colecciones de Ornitología y Mastozoología. Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. cancerbero.aaq@gmail.com.

<sup>2</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela.

<sup>3</sup> Fundación Científica ARA MACAO. San Carlos 2201, Cojedes. Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

Los saltarines forman una familia de aves del Neotrópico (Pipridae), propia de las regiones húmedas más cálidas desde el sur de México hasta el norte de Argentina y Paraguay (Hilty y Brown 2001; Pacheco y La Verde 2004). Son paseriformes de pico corto y redondeado, cola corta, ojos grandes y dedo medio parcialmente unido al adyacente. Los machos de la mayoría de los géneros poseen contrastantes patrones de coloración. En Venezuela, son más abundantes y diversos en la región amazónica, aunque algunas especies se encuentran en zonas bajas de los Andes y otras regiones montañosas (Hilty 2003; Restall *et al.* 2006).

El saltarín cola de lanza (*Chiroxiphia lanceolata*), es notable por sus elaboradas exhibiciones grupales de cooperación entre los machos (*lek*) (Ridgely y Tudor 1994). Como la mayoría de las especies de saltarines, es sexualmente dimórfico (DuVal 2005). En nuestro país es una especie residente común, cuya distribución abarca regiones como la base de la sierra de Perijá y el norte del estado Zulia, el noroeste de Lara y Táchira. Además de algunas localidades en Yaracuy, Portuguesa y Cojedes desde donde se distribuye hacia el oriente del país (Sucre, norte de Monagas e isla de Margarita). Habita en bosques deciduos secos, semideciduos húmedos, bosques secundarios y en zonas arbustivas dentro y en las cercanías de cafetales o cacaotales (Hilty 2003; Restall *et al.* 2006).

En *C. lanceolata* el plumaje definitivo (plumaje de adulto) de los machos, se caracteriza por ser de color negro con tonalidades grises en la rabadilla. El manto azul y la corona o cresta rojo brillante, cuyas plumas son más largas y estrechas que el resto de las coberteras. Las hembras son de color verde oliva con la región ventral más pálida (Phelps y Meyer de Schauense 1994; Hilty 2003; DuVal 2005; Restall *et al.* 2006; DuVal 2007). Sin embargo, Wetmore (1972) refiere que algunas hembras adultas, pueden adquirir tonalidades rojas o naranja en las plumas de la cresta. Ambos sexos tienen las patas de color naranja brillante y el iris de color marrón oscuro o marrón rojizo. Las retrices

centrales son de mayor longitud (entre 5-18 mm) que el resto de las plumas de la cola. Los machos juveniles pasan por múltiples plumajes predefinitivos (juveniles o inmaduros), antes de adquirir su plumaje definitivo (DuVal 2005).

Con respecto a otros estudios sobre la biología de la especie, Pacheco y La Verde (2004) estudiaron en Colombia su comportamiento reproductivo, determinaron que *C. lanceolata* coopera en el cortejo de las hembras, al elaborar un ritual de conductas coordinadas, las cuales son llevadas a cabo por una pareja de machos. Tales exhibiciones, se definieron como patrones de cortejo (despliegues aéreos y expresiones vocales particulares). Para ejecutar esta conducta, los machos seleccionaron perchas caracterizadas por ser ramas delgadas rectas, ligeramente arqueadas, defoliadas y fácilmente visibles. La frecuencia e intensidad de las exhibiciones realizadas en estas perchas, estuvieron afectadas por la presencia de compañeros potenciales de dúo o de hembras en el área de despliegue.

En Panamá se evaluó el repertorio de comportamientos y la organización espacial de las asambleas de cortejo, así como el ciclo reproductivo de esta especie. La compilación de comportamientos de *C. lanceolata* incluyó once elementos de exhibición de danza, siete vocalizaciones comunes y dos tipos de cantos en dueto entre machos. Las exhibiciones tanto cooperativas como totalmente solitarias, resultaron en ambos casos en cópulas exitosas. Esto sugiere que la cooperación no es un comportamiento obligatorio en esta especie, por lo menos a nivel de las exhibiciones individuales (DuVal 2007). Durante este estudio, la especie se reprodujo en el intervalo marzo- junio, aunque los despliegues de cortejo fueron observados hasta noviembre.

Otro aspecto biológico estudiado de *C. lanceolata*, es la relación entre el plumaje, la edad y el sexo. En Panamá, DuVal (2005) clasificó los plumajes examinando la condición de muda en los individuos capturados. Los machos presentaron tres plumajes postjuveniles y alcanzaron el plumaje definitivo adulto mediante cambios secuenciales que ocurren hasta aproximadamente su cuarto año

reproductivo. El plumaje de los machos juveniles fue similar al de las hembras, y las hembras presentaron un plumaje parecido al plumaje formativo de los machos. Esta información puede ser usada en estudios para identificar la edad de los machos con cualquier plumaje predefinitivo (DuVal 2005).

Los datos biológicos recopilados para esta especie en nuestro país, hasta ahora no han abordado aspectos relacionados con la condición reproductiva, salvo los datos recabados en el noreste de Venezuela por Friedmann y Smith (1955) quienes determinaron que *C. lanceolata* se reprodujo en el periodo mayo-junio. Sólo se tiene información sobre otros aspectos de la historia natural, tales como: distribución geográfica y altitudinal, hábitats, conducta de cortejo, estatus poblacional, tamaño de nidada y descripción del nido (Hilty 2003; Restall *et al.* 2006).

El monitoreo en las áreas naturales, cumple con los objetivos requeridos en un programa de manejo de fauna: aportar información biológica mediante estimación de parámetros demográficos de las poblaciones de aves estudiadas (Ralph *et al.* 1996).

En una estación de anillamiento y monitoreo de aves migratorias y residentes de la UNELLEZ-Guanare, se está registrando información sobre la dinámica poblacional de *C. lanceolata* y otras especies. Con esta técnica de marcado, se determinaron atributos biológicos (datos biométricos, análisis de los patrones de muda, ciclo reproductivo) y ecológicos (abundancia), a partir de los individuos capturados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La localidad de estudio está ubicada en el estado Portuguesa a 8 km de la ciudad de Guanare (municipio Guanare), en el sector Mesa Alta entre las coordenadas UTM 1001250- 1004250 N y 411000- 414000 E y cubre un área aproximada de 500 ha. Actualmente, la vegetación de la zona es el producto de la intervención antrópica. Los bosques remanentes se limitan casi exclusivamente en

franjas que siguen los cursos de las redes de drenaje, zonas de laderas, lomas y colinas (Sánchez-Torres 2004) (Figura 1).

Para el establecimiento de las estaciones de anillamiento, se seleccionaron dos sectores de bosque: 1) Bosque ribereño o ripario, con 38 ha aproximadamente, localizados en las orillas de las quebradas (Figura 1). Esta formación vegetal se caracteriza por tener uno o dos estratos estructurados, en su mayoría, por árboles y arbustos siempreverdes, un bajo porcentaje de árboles deciduos que alcanzan entre 25 y 35 m de altura y se disponen en los cursos de las redes de drenaje. Su condición de siempreverde está asociada a la existencia de manantiales que brotan de la vertiente. Entre las especies más comunes se pueden hallar: *Cecropia peltata*, *Anacardium excelsum*, *Ardisia foetida*, *Protium heptaphyllum*, *Aegiphila floribunda*, *Ficus* sp., *Vochysia lehmannii*, *Clusia rosea* y *C. minor*, *Vitex orinocensis*, *Machaerium biovolatum*, *Inga edulis*, *Genipa americana* y *Petrea pubescens*. También se observan las epífitas: *Oncidium cebolleta*, *Schomburgkia undulada*, *Encyclia fragans*, *Billbergia macrolepis* y *Tillandsia flexuosa* (Ramírez 2012). 2) Bosques secos semideciduos, ocupan aproximadamente 82 ha (Figura 1). Actualmente se encuentran muy intervenidos y están formados por árboles deciduos y semideciduos comunes en los bosques secos tropicales. Se caracteriza por la presencia de dos estratos, uno superior formado por árboles de entre 20 y 25 m con especies como *Ceiba pentandra*, *Spondias mombin*, *Anacardium excelsum*, *Lonchocarpus pictu*. El estrato inferior se compone de árboles y arbustos siempreverdes con alturas entre 6 y 14 m. *Vochysia lehmannii* y *Vitex orinocensis*, son las especies más representativas. Además, se observan epífitas como *Polypodium polypodioides*, *Encyclia fragans*, *Schomburgkia undulada*, *Oncidium cebolleta* y *O. ampliatum*. En el periodo de sequía la mayoría de los árboles y plantas bajas pierden el follaje (Ramírez 2012).

En el área de estudio, se definen dos periodos climáticos bien marcados, uno lluvioso, comprendido entre abril-noviembre y otro seco de diciembre hasta marzo. Durante los meses de abril a octubre se concentra el 88,2 % del total anual de precipitaciones, los meses de abril y noviembre son

periodos transicionales. La temperatura media anual en el área de la UNELLEZ-Guanare es de 26,4 °C, con una máxima media anual de 31,7 °C y una mínima media anual de 22,1 °C (Rengel *et al.* 1983).

## METODOLOGÍA

### Esfuerzo y empleo de redes de niebla

Las actividades de anillamiento se realizaron durante el periodo comprendido entre diciembre 2011 y julio 2012, además de dos días del mes de noviembre del último año. Se estableció una codificación de BST1 (Bosque Ribereño) y BST2 (Bosque Seco Semideciduo) para las estaciones de anillamiento (Figura 1).

El esfuerzo se midió en valores de horas/red, la cual es una medida del trabajo invertido y representó el tiempo que operaron las redes de 12 m de longitud (ASOVEM 1990; Lentino 2009). Este parámetro, varió mensualmente según el número de redes utilizadas, hora de apertura y cierre. Se utilizaron de cinco a siete redes. En BST1, se instalaron de manera paralela y cercana a la orilla de la quebrada que atraviesa

longitudinalmente el sector. En BST2, las redes se colocaron perpendicularmente a la franja de bosque (Figura1).

Cada ave capturada durante la operación de las redes, fue convenientemente anillada, con anillos codificados de aluminio y de tamaño adecuado en el tarso de las aves, siguiendo los estándares propuestos por diversos autores (Pyle 1997; Pinilla 2000; De Beer *et al.* 2001).

### Biometría

En este aspecto se siguieron los protocolos consultados en *Institute Català d' Ornitologia* (2003) y Pyle (1997). De esta manera, los atributos evaluados durante este proceso, fueron:

- Longitud alar: medida desde el vértice flexor del ala hasta el extremo de la primaria más larga, manteniendo la curvatura natural del ala. Para ello se utilizó una regla metálica con tope (Pyle 1997).
- Longitud de la cola: tomada para cuantificar la longitud de las rectrices (plumas de la cola). Se midió aquella



**Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio y de las estaciones de anillado.**

**Fuente:** Image® DigitalGlobe, Google Earth (2014). Leyenda: (○) Estaciones de anillado; (- - - -) Linderos del campus universitario.



rectriz con mayor longitud, colocando una regla metálica entre las coberteras infracaudales y las rectrices (Pinilla 2000).

- Longitud del pico: fue determinada desde la punta del pico (extremo anterior de la mandíbula más larga) hasta el borde distal de las narinas, la cual se midió con la ayuda de un vernier (Pyle 1997).
- Longitud del tarso: fue cuantificada con un vernier, es la distancia entre la depresión en la articulación intertarsal hasta el borde distal de la última escama de la pata, antes de la base de los dedos (Pyle 1997; Pinilla 2000).
- Peso: Debido a que el peso es un importante indicador de la condición física del ave, se tomó esta variable con una balanza digital de apreciación 0,1 g.

### Patrones de muda, edad y ciclo reproductivo

Para determinar la edad de los individuos capturados y anillados, se observó cuidadosamente el plumaje con el fin de detectar la existencia de plumas mudadas o en crecimiento (cañones). Se detalló el estado de muda (patrón de coloración y desgaste de las plumas, presencia de cañones) en plumas de vuelo (primarias, secundarias, terciarias y rectrices) y coberteras para identificar la categoría de muda (De Beer *et al.* 2001; RESNATUR *et al.* 2004). Se utilizó una codificación para indicar la edad de cada individuo capturado, que depende de las características antes descritas (DuVal 2005; Wolfe *et al.* 2010; Gómez *et al.* 2012).

### Dinámica poblacional de la especie

En el análisis de la dinámica poblacional se apreciaron las variables abundancia (número de individuos capturados por esfuerzo mensual), estructura de edades, y proporción de sexos. Se relacionaron estos parámetros biológicos, con el

factor tiempo (mes de anillado), para discutir las variaciones temporales (Ojasti 2000). Los parámetros biológicos involucrados en este aspecto metodológico fueron los siguientes:

Edad: Todas las aves fueron asignadas a una de cinco categorías de edad con base en el estado de su plumaje (juvenil, inmaduro, subadulto, adulto y desconocido) (Gómez *et al.* 2012). La equivalencia de estas categorías de edad con las propuestas por Wolfe *et al.* (2010) son las siguientes: Desconocido equivale a los ciclos UCU, UCB, UCA y UCS (correspondientes a ciclos de mudas desconocidos, desconocido básico, desconocido alterno y desconocido suplementario); Juvenil equivale al ciclo FCJ (primer ciclo de muda juvenil); Inmaduro equivale a los ciclos FCF, FCA y FCS (primer ciclo de muda formativo, alterno y suplementario, respectivamente); Subadulto es equivalente a SCB, SCA y SCS (segundo ciclo de muda básico, alterno y suplementario, respectivamente); y Adulto equivale a los ciclos DCB, DCA y DCS (ciclo de muda definitivo básico, definitivo alterno y definitivo suplementario, respectivamente).

Sexo: Se definió el sexo atendiendo a caracteres diagnósticos externos (dimorfismo sexual) o la presencia de estructuras anatómicas involucradas con la reproducción, propias de cada sexo (protuberancia cloacal en machos y parche de incubación en hembras) (Pyle 1997).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Esfuerzo, abundancia. Dinámica poblacional específica. Estructura de edades y proporción de sexos

Se trabajó durante 34 días de campo, se produjo un esfuerzo de 1020,14 horas/red distribuido desigualmente en el tiempo (Tabla 1). Como resultado de esta diferencia, fue capturada una mayor cantidad de individuos en los meses en los que se invirtió un mayor esfuerzo. No obstante,

**Tabla 1. Abundancia mensual en función del esfuerzo invertido durante los eventos de captura.**

	Diciembre 2011	Febrero 2012	Marzo 2012	Abril 2012	Mayo 2012	Junio 2012	Julio 2012	Octubre 2012	Noviembre 2012
Esfuerzo (horas/red)	62,05	192	48	222,25	160	65	147,5	19,25	104,09
Individuos capturados	0	14	2	8	2	0	1	0	1

en otra estación de anillado, Lentino (2009) expresó que ocurren fluctuaciones en las tasas de captura aún no dilucidadas. Estos cambios en las tasas de captura podrían estar sujetos a diversos factores, propios de los ciclos naturales sujetos a la demografía de cada especie, o ser una consecuencia de factores externos como los cambios climáticos. Los valores de abundancia en función a los eventos de anillado reflejan la historia de las fluctuaciones poblacionales para las especies capturadas (Ojasti 2002).

Se capturaron 28 individuos, de los cuales sólo tres no fueron anillados. Sin embargo, en estos individuos fue realizada la misma evaluación biológica que al resto de los individuos. Durante febrero se capturaron 14 individuos, lo que determinó una proporción de sexos de 1:1 (una hembra por cada macho de la población). Cabe resaltar que en este periodo, ocho individuos fueron adultos. Posteriormente, en abril se capturaron ocho individuos, de los cuales cinco fueron adultos (Figura 2). En este mes la proporción de sexos, fue diferente, se calculó en 1:3 (tres hembras por cada macho de la población). Estos cambios en la abundancia y en la proporción de sexos, están relacionados con la historia natural de los pípridos. Esta familia tiene un sistema de cortejo denominado *lek*; el cual se define como un área de despliegue comunal, donde los machos se congregan con el sólo propósito de atraer y cortejar a las hembras (Emlen y Oring 1977; Orejuela *et al.* 1982; Pacheco y La Verde 2004; DuVal 2007). Durante la ejecución de esta conducta, dos machos cooperan entre sí al danzar frente a la hembra que los observa.

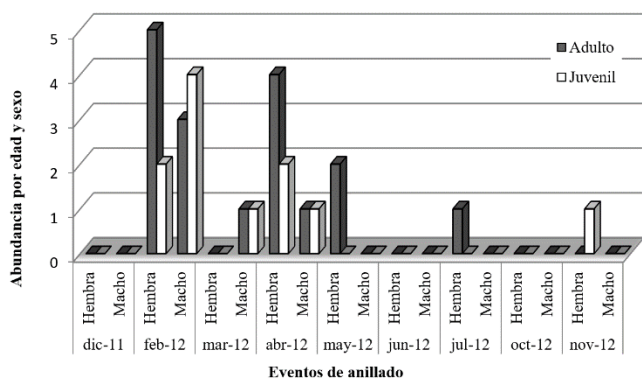


Figura 2. Abundancia y fluctuación poblacional de *C. lanceolata*, durante el periodo de anillado.

Con respecto a las actividades de exhibición de los machos, Pacheco y La Verde (2004) efectuaron entre marzo y mayo un estudio en el cual observaron despliegues durante todo el día. Sin embargo, cuantificaron una mayor intensidad y frecuencia en las primeras horas de la mañana. Con estas observaciones, se consideró que la presencia de las hembras en el área de despliegue estimula a los machos para incrementar la intensidad y frecuencia de las exhibiciones (Ramos 2000). En otros estudios sobre el comportamiento reproductivo de *Manacus manacus* y *Pipra erythrocephala*, se determinó que las hembras visitaron los lugares de exhibición temprano en la mañana y hacia el mediodía, con el objeto de ser cortejadas y aparearse con los machos en asamblea (Lill 1970).

DuVal (2007) señaló que en Panamá, la etapa reproductiva de esta especie, se acotó en el periodo marzo-julio y además comprobó que los despliegues de cortejo se observaron hasta finales de noviembre. Por otra parte, Friedmann y Smith (1955) determinaron que en el noreste de Venezuela, *C. lanceolata* se reprodujo durante el periodo mayo-junio.

Durante la formación de *leks* en los bosques muestreados, los individuos incrementaron su actividad, lo que condujo a un aglomeramiento. Este patrón de conducta, aumentó la probabilidad de captura, como se puede observar en los valores de abundancia durante febrero-abril (Figura 2). Los resultados del actual estudio concuerdan con lo encontrado por DuVal (2005) quien durante seis años, capturó los individuos entre marzo y julio, periodo que representó el pico de actividad reproductiva de *C. lanceolata*.

Los valores de abundancia, estructura de edades y cambios en la proporción de sexos observados en el periodo comprendido desde febrero hasta abril (Figura 2), son resultados que representan la etapa y el comportamiento reproductivo de esta especie. Lo cual concuerda con lo informado en otros estudios (Pacheco y La Verde 2004; DuVal 2005; 2007).

También se ha señalado que las áreas de exhibición donde se forman los *leks*, se mantienen

año tras año (DuVal 2007). Esta información nos permite proponer que los sectores boscosos estudiados, figuran como áreas relevantes para la viabilidad poblacional de esta especie.

Por otra parte, al revisar la bibliografía más reciente involucrada con la avifauna venezolana (Phelps y Meyer de Schauense 1994; Hilty 2003; Restall *et al.* 2006) no se encontraron datos que proporcionen para nuestro país, la información biológica que aquí es presentada y discutida.

## Biometría

Los machos de *Chiroxiphia lanceolata* tienden a ser, en promedio, un poco más largos que las hembras (sin discriminar por clase de edad), cuando se consideran las variables longitud del ala, cola y tarso (Tabla 2). Los machos realizan exhibiciones para atraer y cortejar a las hembras, lo cual podría estar relacionado con el tamaño corporal. Al considerar el parámetro peso, las hembras tienden a ser un poco más pesadas que los machos; diferencia que puede estar influenciada por la condición biológica de aporte energético en la producción de huevos e incubación. En esta especie, la hembra es la encargada de incubar y atender el desarrollo de los huevos y pichones (Hilty 2003; Johnson *et al.* 2012). Las características biológicas de esta especie, no están disponibles en las publicaciones existentes para la ornitofauna regional y nacional (Ríos 1986; Phelps y Meyer de Schauense 1994; Hilty 2003; Restall *et al.* 2006). Sólo se señalan ilustraciones de coloración del plumaje para las clases de edad y algunas medidas como la proyección de las rectrices centrales con respecto al resto de las plumas de la cola en los machos adultos (13 mm) y

el promedio del peso (17,5 g) (Hilty 2003; Restall *et al.* 2006).

De esta manera, las estaciones de anillamiento, no sólo se enfocan en los ya conocidos estudios de rutas migratorias, sino que permiten obtener información biológica como el análisis de patrones de muda y de crecimiento, análisis de ciclos reproductivos, estructura de la población, determinación de sexo y clases de edad (Lentino 2009). La biometría se ha empleado como herramienta útil para el logro de estas metas (Dyrz 1993; Sweeney y Tatner 1996; Bermejo *et al.* 2002). Por lo que a partir de este punto, se iniciará el monitoreo poblacional de esta especie.

## Edades y mudas

Se capturaron individuos para todas las clases de edad por sexo, según lo establecido en el sistema de categorización de DuVal (2005) (Tabla 3). Los individuos incluidos en la categoría de plumaje juvenil, se identifican por tener un plumaje básico de color verde oliva, la edad para estos puede ser juvenil en el caso de los machos o hembras, pero también pueden incluirse hembras inmaduras (Figura 2). Estos son individuos en su primer o segundo año de edad cronológica. Por otra parte, aquellos individuos capturados que tenían cresta/corona con tonalidades anaranjadas a diferencia de la categoría anterior, pueden definir tanto a machos juveniles (primer año de edad) como a hembras inmaduras (segundo año de edad) (Figura 3), por lo que tanto en edad como en sexo deben ser determinados como desconocido. Se ha señalado que algunas hembras, pueden mostrar tonalidades anaranjadas en las plumas de la cresta (Wetmore 1972), tal condición debe ser

**Tabla 2. Valores mínimo y máximo, tamaño muestral, promedio y desviación estándar de variables biométricas por clase de edad y sexo para *Chiroxiphia lanceolata*.**

	Longitud ala (mm)	Longitud cola (mm)	Longitud tarso (mm)	Longitud pico (mm)	Peso (g)
Hembra	66,0-71,0 (n:12)	33,0-46,0 (n:12)	16,56-19,53 (n:12)	6,09-7,38 (n:12)	14,6-19,0 (n:11)
Adulta	(68,58 ± 1,38)	(43,58 ± 3,60)	(18,26 ± 0,95)	(6,75 ± 0,37)	17,05±1,27
Hembra	65,0-70,0 (n:5)	43,0-47,0 (n:5)	16,56-19,53 (n:5)	6,09-7,38 (n:5)	14,6-19,0 (n:5)
Inmadura	(67,9 ± 1,82)	(45,00±1,41)	(18,12±0,28)	(6,65±0,19)	(17,37±0,25)
Macho	70,0-73 (n:5)	50,0-51,0 (n:5)	18,10-20,26 (n:5)	6,27-6,88 (n:5)	15,5-17,4 (n:5)
Adulto	(71,20 ± 1,30)	(50,80±0,45)	(19,13±0,79)	(6,53±0,25)	(16,38±0,71)
Macho	67,0-73,0 (n:7)	44,0-50,5 (n:7)	19,20-19,86 (n:6)	6,25-6,75 (n:6)	15,10-17,80 (n:7)
Inmaduro	(71,00±2,08)	(47,36±2,53)	(19,56±0,28)	(6,54±0,23)	(17,03±0,93)

**Tabla 3. Categorización de plumajes, aspecto, descripción y edades para *C. lanceolata*, durante el periodo de estudio.**

Fecha de captura	Número de anillo	Plumaje	Aspecto	Edad y sexo	Categorías de edad (*)	Descripción
04 febrero 2012	B000209	Juvenil	Verde Oliva	Macho/Hembra Juvenil o Hembra Inmadura	FCJ	Coberteras, plumas de vuelo y cresta verde oliva
04 febrero 2012	B000210					
14 abril 2012	B000227					
16 abril 2012	A00111					
16 abril 2012	A00113					
19 febrero 2012	B000217					
19 febrero 2012	B000218					
01 noviembre 2012	A00137					
04 febrero 2012	B000208	Tipo Juvenil	Corona anaranjada	Desconocido (Macho Inmaduro o Hembra Inmadura)	UCU, UCB, UCA, UCS	Cresta anaranjada, morfológicamente diferente de otras plumas en la cabeza
16 abril 2012	A00112					
09 marzo 2012	B000225	Formativo	Cresta Roja	Macho Inmaduro	FCF, FCA, FCS	Plumas de la cresta rojas y elongadas; plumas del cuerpo y cabeza verde
05 febrero 2012	B000213	Formativo	Cara Negra	Macho Inmaduro		Cresta roja, plumas negras alrededor de lores
19 febrero 2012	B000220	Básico secundario	Manto azulado	Macho Subadulto	SCB, SCA, SCS	Plumas azules, dispersas en el manto. Cresta roja y plumas negras en la cara.
04 febrero 2012	B000211	Básico terciario	Plumaje Macho Adulto típico	Macho Adulto	DCB, DCA, DCS	Cresta roja, cabeza y cuerpo negro, azul en la espalda
05 febrero 2012	B000214					
05 febrero 2012	B000215					
09 marzo 2012	B000224					
15 abril 2012	B000230					
15 abril 2012	000012*	Básico terciario	Plumaje Hembra Adulta típico	Hembra Adulta		Coberteras, plumas de vuelo y cresta verde oliva

**Modificado de DuVal (2005). \*= Las categorías de edad fueron tomadas de Wolfe et al. (2010) revisadas en Gómez et al. (2012).**

considerada al momento de determinar el sexo de los individuos capturados, ya que al capturar una hembra adulta con esta condición, surge la posibilidad de confundirla con un macho inmaduro, a pesar de haber descartado la presencia del parche incubatorio y observado la protuberancia cloacal. Las categorías de plumaje formativo en las cuales se observan la cresta roja o la aparición de plumaje negro en la cara de los individuos, corresponden únicamente a machos en su segundo año de edad (inmaduros) (Figuras 4 y 5). Finalmente, los plumajes básicos definen individuos de tercer año (subadultos) (básico secundario), en los que

aparecen plumas de color azul dispersas en el manto de los machos (Figura 6). Por otra parte, los plumajes básicos terciarios, definen a machos en plumaje definitivo o adultos (Figura 7a). Asumimos que aquellas hembras adultas (sustentada por la presencia de parche incubatorio), ya deberían poseer su muda definitiva, por lo que se incluyen en la categoría de edad adulta (Figura 8).

Se ha descrito que en *Chiroxiphia lanceolata* se observa una compleja estrategia de muda básica (Howell et al. 2003), la muda y reproducción ocurren en un mismo ciclo anual (DuVal 2005).

Desde el punto de vista de la muda, este ciclo es la temporada entre dos plumajes o mudas similares (Schmitt 2009). El periodo principal de muda comienza aproximadamente en junio y continúa más allá de julio. Además, en los juveniles las coberteras corporales se reemplazan aproximadamente en 2-3 meses después de emplumar una muda preformativa. DuVal (2005) expresó que el desgaste de plumas en aves juveniles capturadas en su primer año, sugiere que la muda es parcial, ya que son retenidas las plumas de vuelo del ciclo anterior. Edades posteriores tienen mudas prebásicas completas que comienzan en junio-julio de cada año (DuVal 2005).

Gómez *et al.* (2012) establecieron diferentes estrategias de mudas para las aves neotropicales. Por lo que definimos para *Chiroxiphia lanceolata* un ciclo formativo de muda parcial, seguido por un ciclo definitivo de muda completa. Los individuos en plumaje formativo (o inmaduros) muestran dos generaciones de plumas en el ala, por lo general presentan límites de muda entre las coberteras mayores o entre coberteras mayores y coberteras primarias. Los adultos, en plumaje definitivo, presentan una sola generación de plumas. Similar patrón fue señalado para otras especies de la familia (*Pipra erythrocephala* y *Manacus manacus*). Para todas estas especies se observó “maduración retrasada del plumaje” con varios ciclos básicos de muda (ejemplares subadultos) antes de obtener la coloración de su plumaje definitivo, tal y como ha sido documentado para otras especies de esta familia (Ryder y Durães 2005).

Como en otras investigaciones (DuVal 2005; Lentino 2009; Johnson *et al.* 2012), el plumaje de los machos es una condición biológica para determinar la edad de los individuos en cualquiera de las diferentes clases de plumaje predefinitivo. Particularmente en estudios a largo plazo en los que se anillan los individuos.

Los resultados anteriormente expuestos, acerca de las mudas y plumajes de las aves en el neotrópico, representan información sobre la cual se conoce muy poco, en comparación con las zonas templadas. En nuestra bioregión, los datos publicados con respecto a estas características son

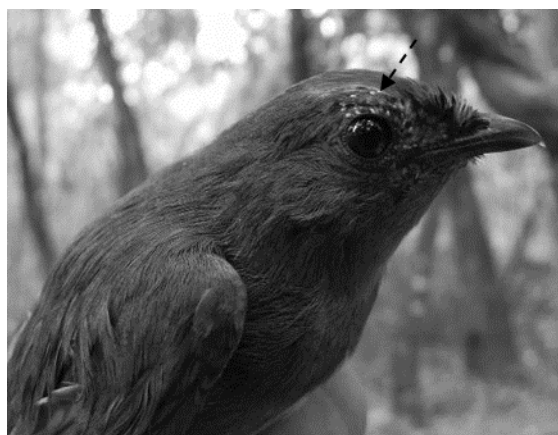
limitados y cubren pocas especies (Ryder y Wolfe 2009; Gómez *et al.* 2012).



**Figura 3.** Macho/Hembra juvenil, o Hembra inmadura FCJ, de plumaje juvenil (B000209). La flecha indica la corona verde.



**Figura 4.** Macho inmaduro o posible hembra inmadura UCU, UCB, UCA, UCS de plumaje juvenil (B000208). La flecha indica la corona con tonos anaranjados.



**Figura 5.** Macho FCF, FCA, FCS de plumaje formativo (B000225). La flecha indica la cresta roja y no anaranjada de edades menos avanzadas.



**Figura 6.** Macho FCF, FCA, FCS de plumaje formativo (B000213). a) cresta roja; b) plumas negras en la cara.



**Figura 8.** Macho DCB, DCA, DCS de plumaje definitivo (B000211). La flecha indica manto azul.



**Figura 7a.** Macho SCB, SCA, SCS de plumaje básico secundario (B000220). La flecha indica el plumaje azul disperso en el manto.



**Figura 7b.** Hembra Adulta DCB, DCA, DCS en plumaje definitivo (000012). En esta hembra se observó parche incubatorio.

## REFERENCIAS

- ASOVEM. 1990. Guía básica de técnicas de captura y preparación de pequeños y medianos mamíferos. Bisbal, F., Invernón, A., Lew, D. y Sangines, N. (Eds). Caracas. 78 p.
- Bermejo, A., De La Puente, J. y Pinilla, J. 2002. Fenología, biometría y parámetros demográficos del Zarcero Común (*Hippolais Polyglotta*) en España central. *Ardeola* 49(1): 75-86.
- De Beer, S., Lockwood, G., Raijmaker, J., Raijmaker, J., Scott, W., Oschadleus, H. and Underhill, L. 2001. SAFRING Bird banding manual. ADU Guide 5. Cape Town; Avian Demography Unit. University of Cape Town. 103 p.
- DuVal, E. 2005. Age-based plumage changes in the Lance-tailed Manakin: A two-year delay in plumage maturation. *Condor* 107: 915-920.
- DuVal, E. 2007. Cooperative display and lekking behavior of the Lance-tailed Manakin (*Chiroxiphia lanceolata*). *The Auk* 124(4):1168-1185.
- Dyrce, A. 1993. Biometrical differences between sexes in the breeding population of Aquatic Warbler *Acrocephalus paludicola*. *Ring and Migration* 14: 149-151.

- Emlen, S. and Oring, L. 1977. Ecology, sexual selection and the evolution of mating systems. *Science* 197: 215-223.
- Friedmann, H., and Smith Jr., F. 1955. A further contribution to the ornithology of northeastern Venezuela. *Proceedings of the U.S. National Museum* 104:463-524.
- Gómez, C., Botero-Delgado, E., Bayly, N., Moreno, M. y Páez, C. 2012. Documentando estrategias de muda en aves neotropicales: ejemplos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Ornitología Neotropical* 23: 129-138.
- Hilty, S. 2003. *Birds of Venezuela (Second Edition)*. Princeton University Press, Princeton. 878 p.
- Hilty, S. y Brown, W. 2001. *Guía de las aves de Colombia*. American Bird Conservancy ABC. Colombia. 1030 p.
- Howell, S. N., Corben, C., Pyle, P., and Rogers, D. 2003. The first basic problem: a review of molt and plumage homologies. *Condor* 105:635-653.
- Institute Català d'Ornitologia. 2003. Estàndards d'anellament. [Documento en línea]. En: [//www.ornitologia.org/ca/quefem/anellament/estandards.html](http://www.ornitologia.org/ca/quefem/anellament/estandards.html). [2014, mayo 19].
- Johnson, E., Stouffer, P. and Bierregaard Jr., R. 2012. The phenology of molting, breeding and their overlap in central amazonian birds. *Journal of avian biology* 43(2): 141-154.
- Lentino, M. 2009. *Manual de anillado para el paso Portachuelo, Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela*. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. Primera Edición. Caracas, Venezuela. 230 p.
- Lill, A. 1970. Dazzling, display. Courtship Assemblies of the Manakins. *Animal Kingdom* 78: 24-29.
- Ojasti, J. 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. SI/MAB Series # 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C. 290 p.
- Orejuela, J., Alberico, M. y Cantillo, G. 1982. Observaciones del comportamiento reproductivo del *Machaeopterus deliciosus* (Familia Pipridae, Aves) en Nariño, Colombia. *Cespedesia Suplemento N° 3, N° 41-42*: 69-79.
- Pacheco, A. y La Verde, O. 2004. Comportamiento reproductivo de *Chiroxiphia lanceolata* (Pipridae: Aves) en un bosque intervenido del Tolima, Colombia. *Acta biológica colombiana* 9 (1): 47:54.
- Phelps, W., Jr. y Meyer de Schauense, R. 1994. *Una guía de las aves de Venezuela*. Segunda Edición. ExLibris, Caracas. 498 p.
- Pinilla, J. 2000. *Manual para el anillamiento científico de aves*. SEO/BirdLife y DGCN-MIMAM. Madrid. 163 p.
- Pyle, P. 1997. *Identification Guide to North American Birds, Part I: Columbidae to Ploceidae*. Slate Creek Press, Bolinas, California. xi + 732 p.
- Ralph, J., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., De Sante, D. y Milá B. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Ramírez, M. 2012. *Estrategias para la conservación de la diversidad biológica en la UNELLEZ-Guanare, estado Portuguesa*. Tesis MSc. UNELLEZ, Guanare. 152 p.
- Ramos, D. 2000. *Dinámica estacional de alimentación y reproducción de Manacus manacus y Pipra erythrocephala (Pipridae) en el bosque municipal de Mariquita*. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 120 p.

- Rengel, L., Ortega, F. y Aymard, G. 1983. Dinámica de las variaciones de la cobertura vegetal y la erosión en el piedemonte de Guanare. Boletín técnico No. 8. UNELLEZ-Guanare.
- RESNATUR- CALIDRIS y WWF COLOMBIA. 2004. Manual para el monitoreo de aves migratorias. Proyecto: Fortalecimiento de capacidades para la conservación de aves migratorias neotropicales en la Red de Reservas Naturales de la Sociedad Civil. Cali, Colombia. 54 p.
- Restall, R., Rodner, C. y Lentino, M. 2006. Birds of Northern South America. An identification guide. Volume 1. Yale University Press, London. 880 p.
- Ridgely, R., and Tudor, G. 1994. The Birds of South America, vol. II: The Suboscine Passerines. University of Texas Press, Austin. 814 p.
- Ríos, G. 1986. Lista preliminar de las aves de la UNELLEZ y áreas adyacentes. Guanare, estado Portuguesa. BioLlania 6: 239-279.
- Ryder, T. and Durães, R. 2005. It's not easy being green: using molt limits to age and sex green plumage manakins (aves: pipridae). *Ornitol. Neotrop.* 16: 481–491.
- Ryder, T. and Wolfe, J. 2009. The current state of knowledge on molt and plumage sequences in selected Neotropical bird families: A review. *Ornitol. Neotrop.* 20: 1–18.
- Sánchez- Torres, J. 2004. Caracterización, complejidad y disponibilidad de hábitats en el campus de la UNELLEZ- Guanare. Trab. Esp. Grado. Ing. en Recursos Naturales Renovables. UNELLEZ, Guanare. 57 p.
- Schmitt, F. 2009. Algunas definiciones ornitológicas sobre el plumaje de las aves e introducción a la terminología de Humphrey-Parkes. *La Chiricoca*. N°8: 21-34.
- Sweeney, J. and Tatner, P. 1996. Sexing Wrens *Troglodytes troglodytes indigenus* using morphological measurements and discriminant analysis. *Bird Study*, 43: 342-350.
- Wetmore, A. 1972. The birds of the Republic of Panama. Part 3. Passeriformes: Dendrocolaptidae (Woodcreepers) to Oxyruncidae (Sharpbills). Vol. 150. Part 3. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 632 p.
- Wolfe, J., Ryder T. and Pyle, P. 2010. Using molt cycles to categorize the age of tropical birds: an integrative new system. *J. Field Ornithol.* 81(2):186–194.



# EFFECTO DEL NITRATO DE POTASIO SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES CULTIVARES DE AJÍ DULCE (*Capsicum chinense* Jacq.)\*

## Effect of potassium nitrate on seed germination of three sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars

Soelis Andrade<sup>1</sup> y Hernán Laurentin<sup>1</sup>

### RESUMEN

La desuniformidad en la germinación en semilleros y bandejas para la obtención de plántulas en ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.), se presenta como un problema común en la producción de esta hortaliza. Con la finalidad de indagar sobre la solución a este problema, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto del nitrato de potasio como tratamiento pregerminativo sobre las semillas de ají dulce. A tal efecto, se evaluaron tres concentraciones de nitrato de potasio (0,1; 0,2 y 0,4% p/v) y tres tiempos de remojo (2; 5 y 10 minutos) aplicados sobre semillas de tres cultivares de ají dulce (Rosita, Pepón, Llanero). La germinación se inició al segundo día de establecido el ensayo, y se prolongó hasta el día 14, fecha en la cual fue constante. Se evidenciaron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre cultivares y entre concentraciones de nitrato de potasio, pero no entre tiempos de remojo. La concentración de nitrato de potasio con mejores resultados fue 0,2%, la cual permitió un incremento en la germinación con respecto al tratamiento testigo (sin nitrato de potasio) de 20; 11 y 8% para Pepón, Rosita y Llanero, respectivamente. Las diferencias genotípicas también tuvieron una alta influencia sobre la germinación.

**Palabras clave:** tratamiento pregerminativo, latencia, plántula.

### ABSTRACT

Unevenness of germination in seed and trays to obtain sweet pepper seedlings (*Capsicum chinense* Jacq.), is presented as a common problem in the production of this vegetable. In order to investigate the solution to this problem, this study aimed to determine the effect of potassium nitrate as pregerminative treatment on the seeds of sweet pepper. For this purpose, three concentration of potassium nitrate (0.1, 0.2 and 0.4% w/v) and three soaking times (2, 5 and 10 minutes) applied on seeds of three sweet pepper cultivars (Rosita, Pepon, Llanero) were evaluated. Germination began the second day of experimental assay, and it took place until day 14, when germination became constant. Statistical differences ( $P < 0.05$ ) were observed among potassium nitrate concentration among cultivars, but it was not among soaking times. The concentration of potassium nitrate with better results was 0.2%, which allowed an increase in germination compared to the control treatment (without potassium nitrate) 20; 11 and 8% for Pepón, Rosita and Ranger, respectively. Genotypic differences also had a high influence on germination.

**Key words:** pregerminative treatment, dormancy, plantlet.

(\*) Recibido: 01-11-2014

Aceptado: 25-05-2015

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

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela, bajo el nombre de ají, están incluidas varias especies del género *Capsicum*. En este género botánico se incluyen unas 27 especies (Eshbaugh 1980) y está caracterizado por su complejidad taxonómica (McLeod *et al.* 1979). El ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.) es una planta cuyos frutos son muy usados en Venezuela como condimento; es considerado un ingrediente irremplazable en la gastronomía nacional (Colivet *et al.* 2006) porque confiere un agradable y característico sabor a las comidas (Montaño 2000). El cultivo del ají dulce en Venezuela es de trasplante, es decir, requiere antes de su establecimiento definitivo en campo, de la obtención de plántulas bien sea en semilleros o en bandejas. Una observación recurrente de los productores dedicados a la obtención de plántulas es la desuniformidad en la germinación de la semilla, por lo cual se obtiene la consiguiente desuniformidad en el desarrollo de las plántulas.

Alboresi *et al.* (2005) definen la germinación como el período comprendido desde la entrada de agua en la semilla seca hasta la elongación del eje embrional, lo cual es macroscópicamente visto como la protrusión de la radícula a través de la cubierta seminal. En una gran cantidad de especies vegetales, entre ellas el ají dulce, se observa que semillas individuales no germinan aun teniendo condiciones aparentemente favorables. Esta situación es denominada latencia, y definida por Koornneef *et al.* (2002) como la propiedad que tiene una semilla individual de prevenir la germinación, aun cuando las condiciones son aparentemente adecuadas para que ocurra. La latencia es un mecanismo evolutivo que favorece la supervivencia de la especie, sin embargo, en el ámbito hortícola, y más ampliamente, en el ámbito agronómico, es una condición desfavorable. La condición de la latencia genera una desuniformidad en la emergencia, que causa pérdidas en las semillas e incrementa los costos de producción ya que se necesitará más de un trasplante y retardará el proceso productivo (Randle y Honma 1981). La aplicación de ciertos componentes exógenos aminora la latencia, entre ellos están nitratos, nitritos, giberelinas y cianuros (Bethke *et al.* 2006). En otras especies vegetales se ha evaluado la

relación existente entre la aplicación exógena de nitrato de potasio y la germinación, como por ejemplo en lechosa (Andrade *et al.* 2008). Aun no se tiene una explicación unificada sobre el efecto que el nitrato de potasio pueda tener sobre la germinación en semillas que presentan latencia. Fontana *et al.* (2002) consideran que el efecto del nitrato de potasio sobre la latencia está relacionado con su comportamiento como aceptor electrónico, lo cual disminuye el consumo de oxígeno y estimula de esta manera la vía pentosa fosfato. Batak *et al.* (2002) señalan que la relación entre aplicación exógena de nitrato de potasio y germinación es explicada por la acción de los nitratos sobre la ruta metabólica relacionada con el fitocromo A. Alboresi *et al.* (2005) señalan que la aplicación exógena de nitrato logra que estos actúen como moléculas de señal en las vías metabólicas del ácido abscísico o del ácido giberélico.

El presente trabajo se realizó para determinar el efecto del nitrato de potasio como tratamiento pregerminativo sobre las semillas de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Frutos de los cultivares de uso local Llanero, Rosita y Pepón provenientes de un ensayo de campo en La Vigía (9°52'03'' N, 69°40'47'' O, 721 msnm), municipio Jiménez, estado Lara, fueron cosechados en julio del año 2012 al presentar madurez fisiológica (coloración totalmente roja para Llanero y Pepón, color amarillo para Rosita). Las semillas fueron separadas manualmente, inmediatamente después de su cosecha, y permanecieron a temperatura ambiente a la sombra durante 48h para propiciar su secado natural. Posteriormente se agruparon en lotes de 25 semillas, los cuales se conservaron a 4°C durante una semana, hasta el establecimiento del ensayo.

### Aplicación de nitrato de potasio

Las semillas se dispusieron en un arreglo factorial en el que los factores principales fueron cultivares de ají (Rosita, Pepón y Llanero),

concentración de la solución de Nitrato de Potasio (0; 0,1; 0,2; y 0,4% p/v) y Tiempos de Remojo (2; 5 y 10 min). Las semillas se remojaron en cápsulas de Petri que contenían la respectiva solución de nitrato de potasio. La concentración 0% de nitrato de potasio fue agua destilada. Luego de remojar las semillas se dejaron secar a temperatura ambiente por aproximadamente 1 hora a la sombra, y se procedió a disponerlas en los germinadores, los cuales consistieron en bandejas de anime de 20 x 12cm con tapa de plástico transparente de 6cm de altura. La bandeja fue dividida con marcador en 8 partes iguales a lo largo, cada uno de estos espacios fue una unidad experimental. Sobre cada bandeja de anime se colocó papel absorbente humedecido con 10mL de agua destilada, en cada unidad experimental se colocaron 25 semillas para cada tratamiento (combinaciones de genotipo-concentración de nitrato de potasio-tiempo de remojo). El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar con 4 repeticiones. En cada unidad experimental se registró diariamente la germinación hasta que el número de semillas germinadas no superó el 5% en ninguno de los tres cultivares. El indicador utilizado para considerar una semilla germinada fue la aparición de la radícula. Se efectuó un análisis de varianza sobre el porcentaje de germinación acumulado para cada fecha evaluada, previa comprobación de los supuestos exigidos. Posteriormente los promedios se compararon con la prueba de medias de Tukey. Todos los análisis estadísticos se hicieron con el programa Statistix for Windows v. 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

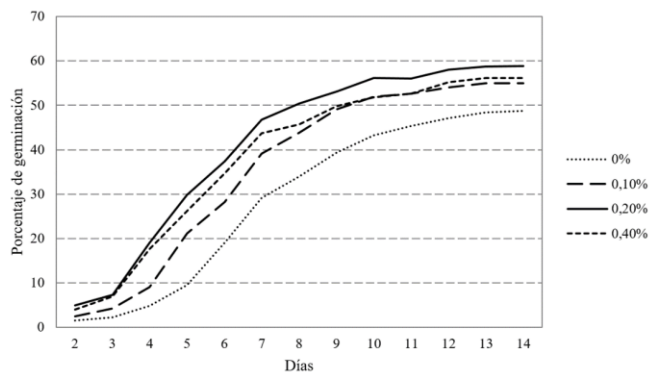
La germinación se registró durante 14 días, fecha en la que fue constante para los tres cultivares. Para todos los tratamientos evaluados, la germinación ocurrió de una manera desuniforme durante los 14 días de evaluación. En ningún tratamiento la germinación acumulada al día 14 superó 80%. Esto, aun cuando no existen reportes debidamente documentados en la literatura científica sobre la germinación de esta especie cultivada, corrobora reportes empíricos de productores que aseveran que existe una alta desuniformidad en la germinación. La germinación se observó desde 36 h de establecido el ensayo. Villarivau y González (1999) indican,

contrariamente a los resultados obtenidos en este trabajo, que la germinación en ají (*Capsicum* sp.) ocurre entre 15 y 17 días, sin embargo, no especifican que sea *Capsicum chinense* Jacq. Jiménez *et al.* (2013) señalan que *Capsicum sinense* inicia su germinación al día 7, al igual que *Capsicum frutescens* (Méndez 2013).

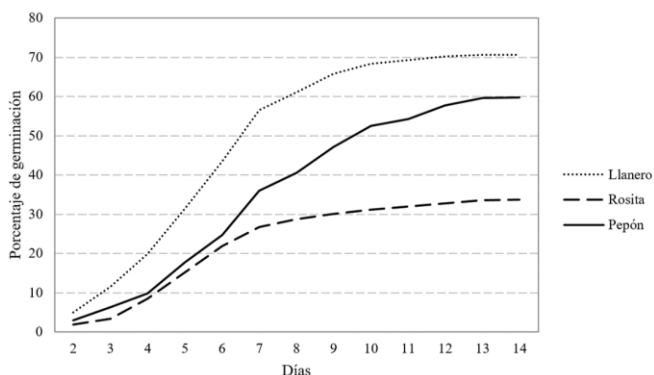
De los días en que se registró germinación, solo en el día 3 no hubo diferencias estadísticas para ninguna de las fuentes de variación, y solo en el día 4 hubo interacción significativa (cultivar x concentración de Nitrato de Potasio). Para el resto de los días se determinaron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre cultivares y entre concentración de Nitrato de Potasio. La germinación no mostró diferencias estadísticas en ninguna de las fechas. Debido a la ausencia de interacciones estadísticas en la mayoría de días evaluados, se muestran sólo los resultados de germinación a través de los días para concentración de Nitrato de Potasio (Figura 1) y cultivares de ají (Figura 2).

En la Figura 1 se observa que todos los tratamientos con nitrato de potasio tuvieron un efecto positivo sobre el porcentaje de germinación, destaca la concentración de 0,2% que propició mayor porcentaje de germinación durante los 14 días de evaluación. La prueba de medias indicó diferencias a partir del día 5, cuando la aplicación de nitrato de potasio causó una germinación diferente de la concentración 0%. Esta tendencia se mantuvo hasta el día 9. Desde el día 9 hasta el día 14 la prueba de medias estableció dos grupos estadísticamente iguales: 0,1; 0,2 y 0,4% por una parte, y 0; 0,1; y 0,4% por otra parte. La concentración de 0,2% de nitrato de potasio como tratamiento pregerminativo ha sido reportada con éxito en otras especies tales como *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Lotus uliginosus*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* (Balocchi *et al.* 1999), *Sida rhombifolia* (Fontana *et al.* 2002), *Prunus avium* (Cetinbas y Koyuncu 2006). En la Figura 2 se muestra el efecto de genotipos sobre la germinación en *Capsicum chinense*. Una observación similar en *Capsicum* sp. fue reportada por Randle y Honma (1981). Alboresi *et al.* (2005) destacan el rol que tienen las hormonas giberelinas y ácido abscísico en la regulación de la germinación. Las hormonas vegetales están bajo

regulación genética, es de esperar que la germinación sea distinta entre cultivares. Estos mismos autores señalan que la aplicación exógena de algunos químicos permite la eliminación de la latencia en algunas semillas, sin embargo también señalan que se desconoce bajo qué mecanismos opera la interacción entre las hormonas mencionadas y los químicos reportados.



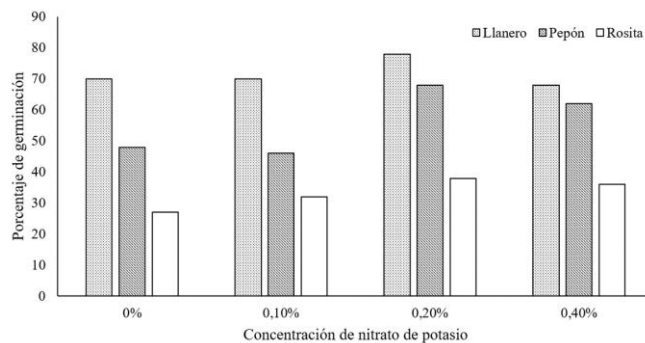
**Figura 1.** Porcentaje de germinación de ají dulce (promediado sobre tres cultivares) durante 14 días bajo el efecto de tres concentraciones de nitrato de potasio.



**Figura 2.** Porcentaje de germinación de tres cultivares de ají dulce (promediado sobre tres concentraciones de nitrato de potasio y sin nitrato de potasio) durante 14 días.

En la Figura 3 se muestra lo que sería la aplicación práctica del presente trabajo; se observa lo que se logra al aplicar nitrato de potasio en cada cultivar. El efecto positivo más evidente se aprecia en el cultivar Pepón, en el cual sin aplicación de nitrato de potasio hubo una germinación acumulada en el día 14 de 48%, mientras que al aplicar nitrato de potasio al 0,2% ocurrió la germinación del 68% de las semillas. De forma similar, Llanero ascendió desde 70 hasta 78% y Rosita desde 27 hasta 38%. Los resultados indican que la germinación del ají

dulce tiene un alto componente genético, y que puede ser alterada favorablemente mediante la adición exógena de nitrato de potasio. La concentración 0,2% resultó más adecuada.



**Figura 3.** Porcentaje de germinación acumulada de tres cultivares de ají dulce bajo tres concentraciones de nitrato de potasio luego de 14 días de establecida la prueba de germinación.

## REFERENCIAS

- Alboresi, A., Gestin, C., Leydecker, M., Bedu, M., Meyer, C. and Truong, H. 2005. Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. *Plant Cell and Environment* 28:200-512.
- Andrade, M., Hernández, J., Rodríguez, H., Mendoza, H., Durán, C. y Martínez, V. 2008. Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 25: 617-635.
- Balocchi, L., López, I. y Pfister, B. 1999. Características físicas y germinativas de la semilla de especies pratenses nativas y naturalizadas del dominio húmedo de Chile: *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis* y *Lotus uliginosus*. *Agro Sur* 27(2):37-47.
- Batak, I., Devic, M., Gibal, Z., Grubisic, D., Poff, K. and Konjevic, R. 2002. The effects of potassium nitrate and NO-donors on phytochrome A- and phytochrome B- specific induced germination of *Arabidopsis thaliana* seeds. *Seed Science Research* 12:253-259.

- Bethke, P., Libourel, I., Reinöhl, V. and Jones, R. 2006. Sodium nitroprusside, cyanide, nitrite, and nitrate break *Arabidopsis* seed dormancy in a nitric oxide-dependent manner. *Planta* 223:805-812.
- Cetinbas, M. and Koyuncu, F. 2006. Improving germination of *Prunus avium* L. seeds by gibberellic acid, potassium nitrate and thiourea. *Hort Sciences* 33:119-123.
- Colivet, J., Belloso, G. y Hurtado, E. 2006. Comparación del efecto inhibidor de extractos de ají dulce (*Capsicum chinense*) sobre el crecimiento de *Escherichia coli* y *Bacillus* sp. *Saber* 18:168-173.
- Eshbaugh, W. 1980. The taxonomy of genus *Capsicum* (Solanaceae). *Baileya* 47:153-166.
- Fontana, P., Riscalá, E., Rodríguez, R. y Gianfrancisco, S. 2002. Efecto de diferentes tratamientos sobre la germinación de afata (*Sida rhombifolia*). XIII Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. pp. 45-46.
- Jiménez, C., Méndez, M., Constanza, M. y Zuñiga, O. 2013. Germinación de semillas de ají (*Capsicum sinense*) estimuladas electromagnéticamente. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 7:46-54 .
- Koornneef, M., Bentsink, L. and Hilhorst, H. 2002. Seed dormancy and germination. *Current Opinion in Plant Biology* 5:33-36.
- McLeod, M.; Eshbaugh, H. and Guttman, S. 1979. An electrophoretic study of *Capsicum* (Solanaceae): The purple flowered taxa. *Bull. of the Torrey Botanical Club*. 106:326-333.
- Méndez, M. 2013. Aplicación de campos electromagnéticos en semillas de ají (*Capsicum frutescens* L.). Trabajo de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 102 pp.
- Montaño, N. 2000. Efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento de tres selecciones de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). *Bioagro* 12:55-59.
- Randle, W. and Honma, S. 1981. Dormancy in peppers. *Science Horticulturae* 14: 19-25.
- Villarivau, A. y González, J. 1999. Planteles, semilleros, viveros. Ediciones de Horticultura, S.L. Madrid-España. 271 pp.

# LA POLINIZACIÓN MANUAL Y SU FACTIBILIDAD EN PLANTACIONES DE MARACUYÁ AMARILLO DE LA ZONA ALTA DEL ESTADO FALCÓN\*

## Hand pollination and its feasibility in yellow passion fruit plantations in the highlands Falcon State

Jorge Parés<sup>1</sup>, Carlos Najul<sup>2</sup>, Miguel Arizaleta<sup>2</sup> y Henry Mujica<sup>3</sup>

### RESUMEN

El maracuyá amarillo presenta ciertas características florales las cuales ocasionan que la polinización sea obligatoriamente cruzada. En este sentido, la polinización puede ser a través de agentes polinizadores especializados o por medio de la polinización manual. El objetivo de este trabajo fue determinar en qué proporción se incrementa la producción de un huerto comercial de maracuyá amarillo mediante la implementación de la polinización manual, y de acuerdo con los resultados determinar si es económicamente factible la aplicación de esta metodología. Se llevó un registro diario de la cantidad de flores producidas por planta durante octubre y noviembre, de los frutos recolectados y el tiempo en que cada obrero especializado permanecía en cada flor efectuando la polinización. Se aplicaron pruebas de  $t$  para muestras independientes. Cada tratamiento fue repetido 10 veces. La unidad experimental estuvo constituida por 5 plantas. La polinización artificial en comparación con la natural permitió incrementar la eficiencia de fructificación en 48,93 %. Adicionalmente, permitió aumentar la ganancia monetaria bruta en 84,90 %. Los resultados indican que la polinización manual es económicamente factible al aplicarla en el maracuyá amarillo como una práctica hortícola en las condiciones de este estudio.

**Palabras clave:** *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, polinización artificial, costos de producción.

### ABSTRACT

The yellow passionfruit has certain floral characteristics which cause that the cross pollination must be mandatory. In this regard, pollination can be through specialized pollinators or by hand pollination. The aim of this study was to determine what production proportion of a yellow passionfruit commercial orchard is increased through the implementation of hand pollination, and according to the results determine whether the application of this methodology is economically feasible. A daily record of flowers number produced per plant during October and November, of the fruits harvested and the time that each skilled worker remained in each flower making pollination.  $t$  test was applied to compare independent samples. Each treatment was repeated 10 times. The experimental unit consisted of 5 plants. Artificial pollination compared to natural increase efficiency allowed fruiting in 48.93%. In addition, it allowed increasing gross monetary gain 84.90%. The results indicate that hand pollination is economically feasible to implement in the yellow passion fruit as a horticultural practice under the conditions of this study.

**Key words:** *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, artificial pollination, production costs.

---

(\*) Recibido: 03-12-2014

Aceptado: 27-05-2015

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

<sup>2</sup> Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA. Decanato de Agronomía. Departamento de Fitotecnia, Cabudare-Lara, Venezuela. Apartado Postal 400.

<sup>3</sup> Universidad Pedagógica Experimental Libertador (Núcleo Barquisimeto), Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

El género *Passiflora* es el más importante de la familia *Passifloraceae*, con cerca de 80 especies que producen frutos comestibles. El maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) es la principal especie del género, debido a que sus frutos son comercializados mundialmente como fruta fresca y procesada (Silva 2005). En Venezuela, este cultivo posee excelente potencial de mercado, altos precios y gran aceptación por los consumidores.

Si bien, Venezuela presenta condiciones agroecológicas excelentes para la explotación comercial de esta especie (Aular 2002), los productores de la Sierra del estado Falcón reportan un acentuado aborto floral, con la consecuente reducción en la producción de frutos.

Las flores del maracuyá amarillo son botánicamente perfectas; sin embargo, alógamas. Poseen características como: dicogamia protándrica (Kundan-Kishore *et al.* 2010), diversos grados de autoincompatibilidad (Suassuna *et al.* 2000) y deflexión estigmática (Kavati 1998), las cuales ocasionan que la polinización sea obligatoriamente cruzada (Barker y Hurd 1968). La fase de antesis es rápida y sincronizada. Se inicia en torno a las 12:00 h; las flores se abren una única vez y se cierran al anochecer, no obstante, si no son fertilizadas, marchitan y caen (Kundan-Kishore *et al.* 2010).

Las características florales del maracuyá amarillo exigen que la polinización sea realizada, primordialmente, por abejorros del género *Xylocopa* (Hoffmann *et al.* 2000). En consecuencia, la densidad poblacional de estos insectos determina directamente la rentabilidad del cultivo ya que las flores no polinizadas no producen frutos (Calle *et al.* 2010).

Al ser baja la densidad poblacional de los agentes polinizadores, los productores realizan polinización manual, por medio de la extracción del polen de las anteras de una flor y distribución en los estigmas de otra, en plantas distintas (Yamamoto *et al.* 2012). Esta metodología, al demandar mano de obra especializada (Klink y Moreira 2002), genera disconformidad por ser muy onerosa (Pereira Vieira *et al.* 2010).

De acuerdo con Silva (2005), la polinización manual en maracuyá incrementa los costos de producción 15 %. Sin embargo, esta práctica de polinización puede incrementar la formación de frutos entre 50 y 87 % (Bos *et al.* 2007; Siqueira *et al.* 2009), y permite además obtener frutos de mayor masa y tamaño en comparación con los obtenidos por medio de la polinización natural (Parés *et al.* 2014).

En Venezuela existe marcado desconocimiento referente a implementación de la práctica de la polinización manual en el maracuyá, y de las repercusiones económicas de esta técnica sobre los costos de producción del cultivo. El presente trabajo busca determinar en qué proporción incrementa la eficiencia de fructificación de un huerto comercial de maracuyá amarillo con la implementación de la polinización manual, y de acuerdo con los resultados determinar si es económicamente factible.

## METODOLOGÍA

El ensayo se llevó a cabo en la Finca “El Rio” ubicada en la localidad de La Montaña, municipio Acosta, estado Falcón. El área de estudio se caracterizó por presentar, durante el período de evaluación, una precipitación media mensual de 109 mm, temperatura promedio de 27,7 °C y 67 % de humedad relativa. Los suelos son de textura franco franco-arenoso.

Para la realización del ensayo se utilizaron plantas de maracuyá amarillo variedad ‘amarelo’, dispuestas bajo un marco de plantación 3,0 x 2,5 m en un sistema de conducción en espalderas verticales de 1,80 m de altura con tres líneas horizontales de alambre galvanizado.

En el estudio se emplearon dos tratamientos: polinización natural y polinización cruzada artificial, aplicados durante octubre y noviembre de 2013. Se siguió la metodología descrita por Yamamoto *et al.* (2012), con algunas modificaciones. Las flores fueron contadas y marcadas con cintas de colores. Sólo las destinadas a la polinización artificial se cubrieron con bolsas de papel por la mañana, previo a la antesis. Al momento de la apertura floral las cubiertas fueron

retiradas a fin de aplicar el tratamiento de polinización artificial, en un horario comprendido entre las 13:00 y 15:00 h, dado que esta especie presenta la mayor dehiscencia de sus anteras a partir de las 13:00 h (Kundan-Kishore *et al.* 2010). Se determinó el tiempo en que cada obrero especializado permanecía en cada flor efectuando la polinización.

Con la finalidad de favorecer la alogamia, la colecta de polen se realizó de plantas vecinas. En el tratamiento de polinización natural se permitió que los insectos visitaran las flores libremente. Después del tratamiento de polinización asistida las flores no fueron protegidas de las visitas de los agentes polinizadores ya que a nivel comercial es una práctica no realizada.

Para determinar la factibilidad económica, se contrastaron ambas metodologías de polinización sólo mediante el costo generado por el tratamiento de polinización manual, el cual consistió del valor monetario de la mano de obra y bono de alimentación, ubicados, en el momento del estudio, en 196,00 Bs por jornada de trabajo. El precio de los frutos cosechados fue asignado en el Mercado Mayorista de Barquisimeto, y fue de 350 Bs por cesta de 22 kg, equivalente a 15,91 Bs.kg<sup>-1</sup>. En la zona de estudio la jornada de trabajo tiene una duración de 6 horas.

Con los costos generados por polinización, los precios de venta del producto cosechado y los datos de producción, se determinó el beneficio o ganancia bruta de cada uno de los tratamientos.

Se efectuaron pruebas de *t* para muestras independientes, con un nivel de significancia del 5

%. Cada tratamiento fue repetido 10 veces. La unidad experimental estuvo constituida por 5 plantas, 2 de borduras y las 3 centrales para las determinaciones experimentales. Se llevó un registro diario de la cantidad de flores producidas por planta en un período aproximado de dos meses, se registró la cantidad de frutos recolectados y el tiempo en que cada obrero especializado permanecía en cada flor efectuando la polinización.

El procesamiento de los datos se realizó a través de estadística descriptiva, se determinaron valores mínimos, máximos, promedios, error estándar de la media muestral y coeficiente de variación. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa estadístico Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 15.0 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de flores producidas por planta fue similar para todos los individuos de la muestra estudiada. Inclusive, esta variable presentó, para ambos tratamientos, un bajo coeficiente de variación, lo que indica adecuada homogeneidad en el desarrollo de la plantación y alta estabilidad en la producción de flores por planta (Cuadro 1).

Con respecto a la eficiencia del método de polinización se obtuvo que, la artificial promovió mayor cantidad de frutos a cosecha (Cuadro 2), al superar en 48,93 % al sistema natural (Figura 1). Los resultados concuerdan con lo hallado por Yamamoto *et al.* (2012) en Brasil. Sin embargo, difieren a lo expresado por Arias *et al.* (2014), quienes reportaron mayor eficiencia de la

**Cuadro 1. Cantidad de flores producidas diariamente por plantas de maracuyá durante el período de evaluación.**

Tratamientos	Mínimo	Máximo	Media	E.S.	C.V. (%)
Polinización natural	1	6	2 a	0,08	5,3
Polinización artificial	1	7	2 a	0,09	5,2

Medias con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes entre sí.  $P \leq 0,05$   
E.S. error estándar de la media muestral; C.V. coeficiente de variación.

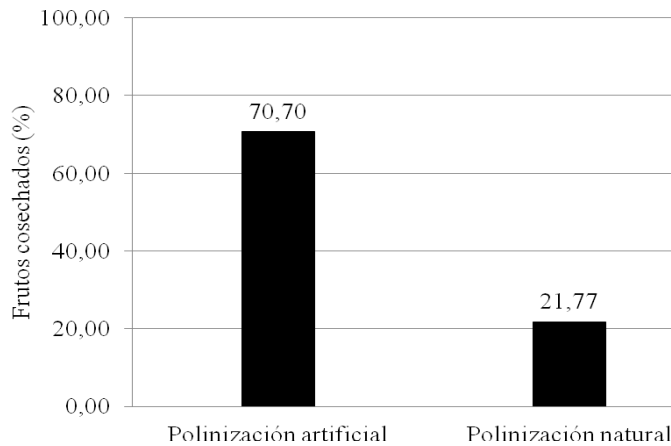
**Cuadro 2. Cantidad de frutos recolectados por planta de maracuyá durante el período de evaluación, según tratamiento de polinización.**

Tratamientos	Mínimo	Máximo	Media	E.S.	C.V. (%)
Polinización natural	15	20	18 b	0,79	9,90
Polinización artificial	46	82	63 a	6,16	22,00

Medias con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes entre sí.  $P \leq 0,05$   
E.S. error estándar de la media muestral; C.V. coeficiente de variación.



polinización natural sobre la artificial. En maracuyá, las diferencias entre resultados de eficacia de polinización son altamente dependientes de la cantidad y/o actividad de los agentes polinizadores de cada zona agroecológica donde se realicen los estudios (Arias *et al.* 2014).



**Figura 1. Porcentaje de frutos cosechados en función a la cantidad de flores polinizadas, durante el período de evaluación.**

Se observó además que durante el período de evaluación, la producción de frutos en el sistema de polinización natural presentó menor coeficiente de variación en contraste al de polinización artificial, que si bien produjo mayor cantidad de frutos, fue altamente variable (Cuadro 2). Estos resultados revelan que cuando la polinización es realizada por el vector natural existe mayor estabilidad en sistema polinización-formación de frutos (Arias *et al.* 2014).

En países productores de maracuyá amarillo, como Brasil, la eficiencia de la polinización natural no sobrepasa 12 % (Bos *et al.* 2007; Siqueira *et al.* 2009). En nuestro estudio, la polinización natural alcanzó una eficiencia de 21,77 % (Figura 1), superior a la señalada anteriormente. Sin embargo, es inferior a 30 %, cifra que es indicativa de presencia de insectos en número insuficiente para una apropiada polinización (Lima *et al.* 2002).

Se menciona que la polinización artificial es necesaria en zonas especializadas en el cultivo del maracuyá (Calle *et al.* 2010) o en zonas altamente perturbadas (Da Silva *et al.* 1999). Por tanto, la cantidad de hábitat natural disponible cerca de áreas cultivadas puede afectar notablemente la prestación del servicio de polinización por los insectos nativos (Bonilla 2012). Al respecto, la zona en estudio se

caracteriza por ubicarse cerca del bosque natural. Sin embargo, presenta épocas de precipitaciones continuas. En este sentido, Hegland *et al.* (2009) señalaron que el comportamiento de las poblaciones de los agentes polinizadores depende altamente de las condiciones climáticas de cada zona, lo que concuerda a lo citado por Corbet y Willmer (1980) y Arias *et al.* (2014), quienes manifiestan que la precipitación y los días nublados tienen consecuencias negativas sobre la producción de frutos debido a que disminuye la actividad de los agentes polinizadores antes y durante la antesis.

Adicionalmente se ha mencionado que temperaturas superiores a 26°C reducen la densidad de los polinizadores (*Xylocopa* spp.) y en consecuencia el número de frutos formados en maracuyá (Da Silva *et al.* 1999). Esta observación, es de relevancia debido a que la temperatura promedio en la zona de estudio durante el periodo de realización del ensayo fue de 27,7°C. En este sentido, Fischer *et al.* (2009) mencionan que temperaturas entre 20 y 25°C son ideales para fomentar la actividad de los polinizadores y por consiguiente, el número de flores polinizadas.

En este estudio, se polinizó manualmente un máximo de 5,2 flores.minuto<sup>-1</sup>.persona<sup>-1</sup>, lo que condujo a un incremento en la producción de 2,54 a 9,70 kg.planta<sup>-1</sup> (Cuadro 3). La cantidad de flores presente por metro lineal de espaldera y el grado de especialización de la mano de obra afecta la cantidad de flores polinizadas por jornada de trabajo, razón por la cual Souza (1994), informó un rendimiento medio de 50 flores.minuto<sup>-1</sup>.jornal<sup>-1</sup>. Observaciones prácticas de campo indican que los trabajadores, en promedio, pueden polinizar en períodos de alta floración, hasta 3000 flores en 4 horas de trabajo, lo que resulta en un rendimiento de 12 flores.minuto<sup>-1</sup>.hombre<sup>-1</sup> (Kavati 1998).

Con la implementación de esta técnica se obtuvo una producción de 12.930 kg.ha<sup>-1</sup>, equivalentes a 9,70 kg.planta<sup>-1</sup> (Cuadro 3). Estos rendimientos son superiores a los proyectados con el sistema de producción a polinización natural, que se ubicarían en 3.385 kg.ha<sup>-1</sup> ó 2,54 kg.planta<sup>-1</sup>.

Las polinizaciones controladas se efectuaron por 45 días continuos, lo que correspondió, según la metodología empleada, a 90 horas de polinización,

**Cuadro 3. Relación ingreso-egreso por planta de dos métodos de polinización, durante el período de ensayo.**

Tratamientos	Rendimientos (kg.planta <sup>-1</sup> )		Ingresos brutos (Bs.planta <sup>-1</sup> )		Egresos		Utilidad (Bs.planta <sup>-1</sup> )
		Incremento sobre la polinización natural		Incremento sobre la polinización natural	Jornal por polinización (unidad.planta <sup>-1</sup> )	Incremento sobre la polinización natural (Bs/planta)	
Polinización natural	2,54		40,41		0,0	0,0	40,41
		7,16		113,92			
Polinización artificial	9,70		154,33		0,20	39,2	74,72

equivalentes a 0,2 jornales.planta<sup>-1</sup>. Al analizar económicamente la polinización se obtuvo que, el método artificial generó ingresos brutos de 113,92 Bs.planta<sup>-1</sup> por encima de la polinización natural (Cuadro 3). Al considerar los egresos generados por mano de obra para realizar la polinización manual se obtuvo una utilidad de 74,72 Bs.planta<sup>-1</sup>, lo que corresponde a un incremento en las ganancias de 84,90 %, con respecto a la polinización natural (Cuadro 3).

En general, los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que en la zona de estudio existe la necesidad de incorporar la polinización manual como práctica hortícola para contrarrestar la limitante del aborto floral.

### CONCLUSIÓN

El método de polinización artificial, en comparación con el natural, incrementó 48,93 % la cantidad de flores que llegan a formar fruto comercial. Este aumento en la eficiencia de fructificación permitió incrementar la ganancia monetaria bruta en 84,90 %. Los resultados sugieren que la polinización manual en el maracuyá amarillo, aunque genera costos adicionales, es económicamente factible de ser incorporada a los planes de manejo de la unidad de producción donde se realizó el estudio.

### AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el Proyecto 016-AG-2012 del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCTH) de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA).

### REFERENCIAS

- Arias-Suárez, J., Ocampo-Pérez, J. y Urrea-Gómez, R. 2014. La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía Mesoamericana* 25(1): 73-83.
- Aular, J. 2002. Memorias de la primera reunión venezolana sobre investigación y producción de Passifloras. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto. Venezuela. 73 p.
- Barker, H. and Hurd, P. 1968. Intrafloral ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 13: 385-414.
- Barros, E., Krause, W., Burckhardt, N., Souza, O., e Ferro, R. 2011. Produtividade e qualidade do fruto de cultivares do maracujá com e sem polinização artificial. *In* Congreso de Iniciação Científica, Vol. 7 Cáceres/MT. Brasil. 5 p.
- Bonilla, M. 2012. La polinización como servicio ecosistémico. *In* Iniciativa colombiana de polinizadores (ICPA), Capítulo I: abejas. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Humboldt. Bogotá, Colombia. 103 p.
- Bos, M., Veddeler, D., Bogdanski, A., Klein, A., Tscharnke, T., Steffan-Dewenter, I. and Tylianakis, J. 2007. Caveats to quantifying ecosystem services: fruit abortion blurs benefits from crop pollination. *Ecol. Applic.* 17(6): 1841-1849.
- Calle, Z., Guariguata, M., Giraldo, E. y Chará, J. 2010. La producción de maracuyá (*Passiflora*

- edulis*) en Colombia: perspectivas para la conservación del hábitat a través del servicio de polinización. *Interciencia* 35(3): 207-212.
- Corbet, S., and Willmer, P. 1980. Pollination of the yellow passion fruit: nectar, pollen y carpenter bees. *Journal of Agricultural Science* 95: 655-666.
- Da Silva, M., Bruckner, C., Picanco, M. y Molina, A. 1999. Número floral, clima, densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Rev. Biol. Trop.* 47(4): 711-718.
- Fischer, G., Casierra-Posada, F. y Piedrahíta, W. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. In Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flores, L. (eds). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracujá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Bogotá, Colombia. pp. 45-67.
- Hegland, S., Nielsen, A., Lazaro, A., Bjerknes, A. and Totland, O. 2009. How does climate warming affect plant – pollinator interactions?. *Ecology Letters* 12(2): 184-195.
- Hoffmann, M., Pereira, T., Mercadante, M. e Gomes, A. 2000. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. *Iheringia. Serie Zoologia* 89: 149-152.
- Kavati, R. 1998. Florescimento e frutificação do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). In Ruggiero, C. (ed.) Maracujá do plantio à colheita, Funep, Jaboticabal. Brasil. pp. 107-129.
- Klink, C. and Moreira, A. 2002. Past and current human occupation, and land use. In Oliveira, P. and Marquis, R. (Eds.). The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University Press, Washington. EEUU. pp. 69-88.
- Kundan-Kishore, K., Shukla, R. and Bharali, R. 2010. Studies on floral biology of passion fruit (*Passiflora* spp). *Pakistan Journal of Botany* 42(1): 21-29.
- Lima, A., Junqueira, N., Veras, M. e Cunha, M. 2002. Tratos culturais. In Lima, A. Maracujá Produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: EMBRAPA-SCT. Frutas do Brasil, 15. pp. 41-48.
- Parés, J., Sánchez, J. y Arizaleta, M. 2014. Efecto de la polinización artificial sobre la fructificación y la calidad de fruto del maracujá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg). *Bioagro* 26(3): 165-170.
- Pereira Vieira, P., Oliveira Cruz, D., Maciel Gomes, M., Oliveira Campos, M. e De Lima, J. 2010. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 15: 43-53.
- Silva, J. 2005. A cultura do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) na Região do Triângulo Mineiro: Aspectos práticos, Relatório técnico. 15 p.
- Siqueira, K., Kill, L., Martins, C., Lemos, I., Monteiro, S. e Feitoza, E. 2009. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do sunmedio São Francisco. *Rev. Bras. Frutic.* 31(1): 001-012.
- Souza, P. 1994. Polinização em maracujazeiro. In São José, A. (Ed.) Maracujá – produção e mercado. Vitória da Conquista. UESB. Brasil. pp. 497-513.
- Suassuna, T., Bruckner, C., Carvalho, C. and Borém, A. 2000. Self-incompatibility in passionfruit: evidence of gametophytic – sporophytic control. *Theor. Appl. Genet.* 106: 298-302.
- Yamamoto, C., da Silva, C., Augusto, S., Almeida, A. and Oliveira, P. 2012. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil. *Apidologie* 43(5): 515-526.

# USO DE ACONDICIONADORES ORGÁNICOS Y BIOPOLÍMEROS PARA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS SALINOS-SÓDICOS DE LA LLANURA DE CORO, FALCÓN, VENEZUELA\*

Use of organic conditioner and biopolymers in biorremedy of saline-sodic soils of Coro plain, Falcon, Venezuela

Duilio Torres<sup>1</sup>, José Pastor Mogollón<sup>2</sup>, Yarlyeny Lázaro<sup>2</sup>, Marianela González<sup>3</sup>, Miklas López<sup>2</sup> y Héctor Yendís<sup>2</sup>

## RESUMEN

Para evaluar el efecto de acondicionadores orgánicos y biopolímeros sobre las propiedades químicas y biológicas de un suelo salino-sódico del Cebollal de Coro, se consideraron seis tratamientos: sin aplicación de acondicionador (T1), extracto de cardón dato (*Stenocereus griseus* (Haworth) Buxb) (T2), extracto de Tuna España (*Opuntia ficus-indica*) (T3), vermicompost (T4) y los biopolímeros biosol (T5) y desalt (T6). Los acondicionadores fueron aplicados al suelo en forma líquida a una concentración de 20 g L<sup>-1</sup> y el suelo se incubó durante 45 días, con mediciones de respiración basal, pH, conductividad eléctrica, cationes cambiables y porcentaje de sodio intercambiable a los 7; 15; 30 y 45 días. Los resultados encontrados mostraron una disminución de los valores de conductividad eléctrica y sodio intercambiable con relación a los valores iniciales en el suelo, así mismo, se encontró que la respiración basal se incrementó de manera significativa, lo cual indica una recuperación integral del suelo. Los tratamientos más eficientes en la reducción de la conductividad eléctrica fueron T3 y T5 con valores de 1,47 y 1,44 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que los valores más altos de carbono orgánico se registraron para los tratamiento T2, T3 y T4, los cuales presentaron valores de 22,40; 17,89 y 15,55 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Se observó correlación (P<0,05) negativa entre la conductividad eléctrica y contenido de materia orgánica (r= -0,46); asimismo se encontró una asociación negativa entre contenido de materia orgánica y el sodio intercambiable (r =-0,65), y positiva entre la materia orgánica y el índice de remoción de sodio, lo cual indica que el incremento de la materia orgánica contribuye a la reducción de los contenidos de sales y de sodio en el suelo.

**Palabras clave:** acondicionadores, salinidad, actividad biológica.

## ABSTRACT

To evaluate the effect of organic and biopolymers conditioners on chemical and biological properties a soil sodium-salt from Cebollal of Coro, six treatments were considered: without application of conditioner (T1), cactus data (*Stenocereus griseus* (Haworth) Buxb) extract (T2), Spain Tuna (*Opuntia ficus-indica*) extract (T3), vermicompost (T4), biopolymers biosol (T5) and desalt (T6). Conditioners were applied to the soil in liquid form at a concentration of 20 g L<sup>-1</sup>, and the soil was incubated for 45 days with measurements of basal respiration, pH, electrical conductivity, exchangeable cations and exchangeable sodium percentage at 7, 15, 30 and 45 days. The results showed a decrease in the values of electrical conductivity and exchangeable sodium in relation to baseline values on the ground. Also, it found that basal respiration

(\*) Recibido: 23-01-2015

Aceptado: 10-06-2015

<sup>1</sup> Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA, Facultad de Agronomía, Departamento de Química y Suelos, Cabudare-Lara. Venezuela. Apartado postal 400. duiliotorres@ucla.edu.ve

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Francisco de Miranda (UNEFM). Complejo Docente El Hatillo. Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola.

<sup>3</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Francisco de Miranda (UNEFM). Complejo Docente El Hatillo. departamento de Producción y Desarrollo Agrícola.

increased significantly, indicating a comprehensive reclamation of the soil. The most efficient treatments in reducing the electrical conductivity were T3 and T5 with values of 1.47 and 1.44 dS m<sup>-1</sup>, respectively; meanwhile higher values of organic carbon were recorded for T2, T3 and T4 treatments, which showed values of 22.40, 17.89 and 15.55 g kg<sup>-1</sup>, respectively. A negative correlation ( $P < 0.05$ ) was observed between electrical conductivity and organic matter content ( $r = -0.46$ ); Likewise, a negative association between organic matter content and exchangeable sodium ( $r = -0.65$ ), and positive between the organic matter and the rate of removal of sodium, indicating that the increase of organic matter contributes to the reduction of salts and sodium contents in the soil.

**Key words:** conditioners, salinity, biological activity.

## INTRODUCCIÓN

Una de las formas de contaminación de los suelos se relaciona con procesos de empobrecimiento como la desertificación, la erosión y la salinización; este último consiste en la acumulación de sales en la capa arable del suelo, las cuales causan efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas (Torres *et al.* 2006; Mogollón *et al.* 2010). Las áreas de suelo degradadas por problemas de sales y sodio están ampliamente distribuidas en el mundo; pero son de mayor importancia para el hombre, las ubicadas en las zonas áridas y semiáridas que se han abierto a la agricultura intensiva.

Particularmente en la zona semiárida del estado Falcón, se ha observado en los últimos años un proceso de degradación continua de la tierra, debido a la predominancia de sistemas agrícolas inapropiados que han conllevado a desertificación. Uno de los principales problemas es la salinización y sodificación de los suelos, los cuales han sido ocasionados por agotamiento de los acuíferos y uso excesivo de fertilizantes. Esta situación ha propiciado la degradación de las tierras agrícolas al punto tal que Machado *et al.* (1990) reportaron un descenso drástico en el número de fincas en producción en el sector El Cebollal. En este sentido, Rodríguez y Florentino (2004), Torres *et al.* (2006) y Rodríguez *et al.* (2009) señalaron los procesos de salinización, degradación física de suelo y calidad de agua para riego como los principales problemas de la zona.

Para recuperar suelos que han sido degradados por procesos antrópicos, se han propuesto alternativas de explotación sostenible, las cuales

están centradas en el aprovechamiento de los recursos autóctonos. Entre estas alternativas se propone la elaboración de abonos orgánicos, cuyo uso promueva la recuperación de la fertilidad y propiedades físicas. Celis *et al.* (2013) señalaron que el uso de compost, biofertilizantes y acondicionadores de suelo mejoran la producción agrícola en suelos salinos y sódicos, dado que suplen los cationes presentes en el suelo, y disminuyen la biodisponibilidad de metales pesados y la salinidad del suelo (De Varennes *et al.* 2006). Entre los principales reguladores de la acción de los acondicionadores orgánicos están los derivados radicales que incrementan la actividad biológica en la rizósfera.

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia de tres acondicionadores orgánicos (tuna España, cardón dato y vermicompost) y dos biopolímeros (biosol y desalt) para la biorremediación de suelos salinos-sódicos en la llanura de Coro, estado Falcón, en función de su capacidad para la disminución del contenido de sales, sodio y pH en el suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue llevado con suelos provenientes de la serie “El Patillal”, sector “El Cebollal” en la planicie de Coro, municipio Miranda, estado Falcón. Se tomaron muestras de suelo del horizonte superficial (0-25 cm) de la finca Santa María, la cual se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 412.680 m E y 1.256.104 m N.

La zona de vida corresponde a monte espinoso tropical según Ewel *et al.* (1976); presenta

precipitación media anual de 450 mm, evaporación de 3.200 mm de promedio anual, temperatura de 27,7 °C, humedad relativa de 74 % y velocidad del viento de 17,4 km/hora en promedio.

Los suelos se caracterizan por presentar texturas medias y por un desarrollo estructural calificado de débil a moderado. El drenaje interno y externo es de moderado a rápido; permeabilidad moderada a muy alta y pH neutro a moderadamente alcalino, fertilidad baja y en general presentan problemas de erosión y de salinidad moderada. Los suelos fueron clasificados como Typic Haplargids, franco fino, mixto, isohipertérmico (González y Strebins 1971).

Se condujo un ensayo utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado. Se evaluaron seis tratamientos: suelo sin aplicación de acondicionador (T1), extracto de cardón dato (*Stenocereus griseus* (Haworth) Buxb) (T2), extracto de Tuna España (*Opuntia ficus-indica*) (T3), vermicompost (T4) y los biopolímeros biosol (T5) y desalt (T6). Los acondicionadores fueron aplicados al suelo en forma líquida a una concentración de 20 g·L<sup>-1</sup> y el suelo se incubó durante un período de 45 días, con mediciones a los 7; 15; 30 y 45 días. En total se establecieron 18 unidades experimentales por cada tratamiento para un total de 72 unidades experimentales en todo el ensayo. En cada fecha de medición fueron extraídas 3 unidades experimentales por tratamiento a las cuales fueron determinadas cada una de las variables evaluadas en el ensayo.

Para la preparación de los extractos se colectaron arborescencias de cardón dato y tuna España, los cuales se seleccionaron de plantas jóvenes con tejidos suculentos. Los extractos acuosos se prepararon a una concentración de 2000 g·L<sup>-1</sup>, para ello se eliminó la corteza y se trituró el parénquima hasta tamaño de partículas muy finas (Henríquez *et al.* 2003). En el caso de los polímeros orgánicos comerciales biosol y desalt, se trabajó a una concentración de 20 g L<sup>-1</sup>. Con respecto al vermicompost, para el compostaje se utilizó lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), el sustrato consistió de restos de alimentos, broza de café, pseudotallos de plátano y estiércol equino, los

cuales fueron previamente precompostados durante 20 días, y luego sometidos al vermicompostaje durante 60 días. Se aplicó al suelo en una proporción 10 % (p/p). Una vez obtenidos los extractos se saturaron los suelos con las soluciones preparadas en las concentraciones establecidas.

La unidad experimental constó de un recipiente de plástico con 100 g de la mezcla suelo y acondicionador. Estos recipientes fueron colocados en una incubadora marca Ohaus con capacidad de 45 L, la cual estuvo a una temperatura constante de 28 °C, y a un nivel de humedad ajustada a 80% de la capacidad de campo. Para asegurar esta condición, se efectuaron pesajes cada 4 días para reponer el peso perdido con aplicación de agua destilada.

Las variables evaluadas fueron contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) siguiendo la metodología de rutina usada por el laboratorio de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV 1993). El pH fue medido por el método potenciométrico en relación agua: suelo (2:1), el carbono orgánico fue medido por el método de Walkley y Black (1934). La determinación de la respiración basal se realizó mediante la utilización de una trampa de álcali y titulación con HCl 0,1 N en presencia del indicador fenolftaleína (Anderson 1978; Rivero y Paolini 1995).

Se aplicó Análisis de varianza de una vía para cada fecha de muestreo. Cuando fue procedente, se realizó la prueba de comparaciones de medias múltiples de Tukey. La determinación de la correlación entre los atributos químicos y biológicos se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de los acondicionadores de suelo causó disminución de los valores de conductividad eléctrica con respecto a las condiciones iniciales de incubación (Tabla 1), sin embargo estos valores siguen siendo altos para el desarrollo de la mayoría de los cultivos.

**Tabla 1. Conductividad eléctrica de suelos de la llanura de Coro en cuatro épocas de incubación.**

Tratamiento	Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T1	1,72 a	1,68 a	1,70 a	1,69 a
T2	1,51 ab	1,38 b	1,35 b	1,24 b
T3	1,26 b	1,46 b	1,44 b	1,47 b
T4	1,10 b	1,58 b	1,33 b	1,45 b
T5	1,61 a	1,42 b	1,55 b	1,40 b
T6	1,56 ab	1,38 b	1,50 b	1,34 b

Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación (P <0,05).

Para el día 7, los tratamientos que causaron mayor (P<0,05) reducción de la conductividad eléctrica fueron los acondicionadores vermicompost y extracto de tuna España con valores de 1,10 y 1,26 dS·m<sup>-1</sup>, respectivamente. Para los días 15; 30 y 45 todos los acondicionadores causaron reducción (P<0,05) de la conductividad eléctrica, los más eficientes fueron extracto de cardón dato y vermicompost para el día 30, y para el día 45 cardón dato y desalt.

Oliva *et al.* (2008) encontraron reducción de salinidad en suelos con aplicación de vermicompost o biopolímeros de alto peso molecular, lo cual está relacionado con la capacidad de los compuestos orgánicos para atrapar tanto moléculas complejas (Alves *et al.* 2012), como metales pesados (Jordao *et al.* 2002). También podrían estar involucrados factores bióticos, por ejemplo la presencia de micorrizas en el vermicompost (Feng *et al.* 2005). Las micorrizas necesitan carbohidratos para su metabolismo, lo cual induce una mayor acumulación de azúcares solubles en los tejidos de la raíz de las plantas hospederas, de esta manera se incrementa la tolerancia al estrés osmótico inducido por el NaCl en las plantas.

En la Tabla 2 se observa el pH del suelo durante las 4 fechas de monitoreo. A partir del día 15 de incubación se observó que la aplicación de

acondicionadores causó reducción significativa del pH con respecto al testigo (P<0,05); sin embargo para el día 45 se encontraron valores similares.

Los tratamientos que causaron mayor reducción de pH fueron cardon dato y biosol. La disminución de los valores de pH a lo largo del tiempo puede estar relacionado con una mayor cantidad de iones hidronios disponibles, provenientes de la ionización de los diferentes radicales presentes en la materia orgánica del vermicompost (Durán y Henríquez 2009), así mismo la disminución del pH pudo ser causada por la generación de ácidos orgánicos producto de la mineralización de los sustratos orgánicos o por el proceso de nitrificación que toma lugar durante la mineralización de la materia orgánica incorporada (Lai *et al.* 1999; Azarmi *et al.* 2008).

Los valores de Na<sup>+</sup> intercambiable se redujeron con la aplicación de acondicionadores y biopolímeros (P<0,05), los valores más bajos se encontraron con la aplicación de cardón dato, vermicompost, biosol y desalt a los 30 y 45 días de incubación (Tabla 3).

La reducción de la sodicidad del suelo por efecto de la aplicación del vermicompost puede ser producto del aporte continuo de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>. Estos cationes favorecen una sustitución del Na<sup>+</sup> intercambiable de la matriz del suelo, lo cual además podría conllevar a la formación de

**Tabla 2. pH de suelos de la llanura de Coro en cuatro épocas de incubación.**

Tratamientos	Época de medición (días)			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T1	7,7 a	7,6 a	7,6 a	7,70 a
T2	7,67 a	7,20 b	7,20 b	7,60 a
T3	7,63 a	7,37 b	7,33b	7,57 a
T4	7,80 a	7,30 b	7,23b	7,77 a
T5	7,77 a	7,20 b	7,20 b	7,70 a
T6	7,88 a	7,23 b	7,22 b	7,67 a

Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación (P<0,05).

agregados estables (Mahmoud e Ibrahim 2012). Por otra parte, se ha indicado que la aplicación de materia orgánica a suelos afectados por sales promueve la floculación de los minerales arcillosos; esto es una condición esencial para la agregación de las partículas de suelo, lo cual incrementa el espacio poroso y el proceso de lavado del  $\text{Na}^+$ . Jalali y Ranjbar (2009) señalan que cuando las enmiendas orgánicas presentan altos contenidos de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , se favorece un proceso de reemplazo del  $\text{Na}^+$  de los sitios de intercambio, lo cual trae consigo disminución de sodio por efecto de lavado.

Andreau *et al.* (2012) señalan que la aplicación de abonos orgánicos al suelo, contribuye a mejorar la condición física y mantener el balance de materia orgánica en situaciones de altas tasas de mineralización, entre otros beneficios. Paralelamente, las enmiendas orgánicas con alto contenido de  $\text{Ca}^{2+}$ , podrían propiciar el reemplazo del  $\text{Na}^+$  en el complejo de cambio, disminuye de esta manera el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la CE del suelo (Jalali y Ranjbar 2009).

El PSI muestra el grado con que el complejo de intercambio está saturado con sodio. En la Tabla 4 se observa que la aplicación de acondicionadores redujo ( $P < 0,05$ ) los valores de sodio intercambiable en la última fecha de incubación; sin embargo, los valores de sodio intercambiable aun superan el valor

máximo permitido de sodio en el suelo (15%). Un alto contenido de sodio, favorece los procesos de deterioro físico del suelo como sellado, compactación y erosión.

La disminución en la sodicidad del suelo puede ser atribuida al incremento del contenido de materia orgánica producto de la aplicación de los acondicionadores, la cual puede solubilizar el calcio proveniente de los minerales del suelo, así como el calcio presente en el vermicompost (Choudhary *et al.* 2004). La lombriz roja californiana posee una estructura llamada glándula de Morren, la cual secreta carbonato cálcico y produce digestión alcalina, por lo que se esperan altos valores de calcio intercambiable ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en el humus de lombriz, de esta manera, luego de ser intercambiado con el calcio, el sodio puede ser lixiviado por el agua de irrigación junto con el exceso de sales.

En la Tabla 5 se observa que la aplicación de acondicionadores aumentó el contenido de calcio y magnesio. Para el día 30 biosol y desalt causaron incremento en el contenido de Ca, mientras que para el día 45 solo desalt incrementó el contenido de calcio. Con respecto al magnesio para el día 30 los valores de magnesio se encontraron en los tratamientos con biosol y cardon dato y a los 45 días los valores más altos de magnesio se encontraron en el tratamiento con vermicompost.

**Tabla 3. Contenido de  $\text{Na}^+$  intercambiable de suelos de la llanura de Coro en cuatro épocas de incubación.**

Tratamientos	$\text{Na}^+$ intercambiable ( $\text{mg kg}^{-1}$ )			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T1	100,98 a	98,95 a	100,05 a	98,92 a
T2	81,76 b	39,83 b	27,31c	26,95 c
T3	96,05 a	57,21b	46,71 b	44,42 b
T4	69,72 c	48,11b	39,13c	38,57 c
T5	56,83c	42,73b	28,84 c	26,72 c
T6	76,17 b	52,35b	30,02 c	23,02 c

Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 4. Porcentaje de sodio intercambiable de suelos de la llanura de Coro en cuatro épocas de incubación.**

Tratamientos	Época de medición (días)			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T1	53,32 a	57,01 a	56,71 a	53,71 a
T2	37,31 b	32,61b	27,31b	18,09b
T3	53,56 a	52,25 a	50,69 a	43,81 b
T4	53,78 a	46,86 a	39,13 b	25,71b
T5	57,91 a	43,48 a	28,84 b	16,80 c
T6	53,92 a	42,36 a	34,36 b	25,04 b

Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación ( $P < 0,05$ ).



Los resultados obtenidos coinciden por los reportados por Henríquez *et al.* (2003), quienes encontraron incremento en las bases cambiables luego de la aplicación de acondicionadores, que fue atribuido a la presencia de  $\text{-NH}_4^+$  y  $\text{-OH}^-$  en la estructura molecular de los acondicionadores, los cuales al disociarse y unirse con cargas negativas, aumentan la capacidad de retener cationes por el suelo. Igualmente, Chen *et al.* (2004) reportaron que la disminución en la salinidad y la sodicidad es producto de la capacidad Buffer del suelo como consecuencia de incremento en el calcio intercambiable y alta capacidad de intercambio catiónico de los acondicionadores.

En la Tabla 6 se presenta el contenido de materia orgánica del suelo para los diferentes periodos de incubación de los suelos con acondicionadores orgánicos. Luego de 15 días de incubación el valor más alto de correspondió al tratamiento con tuna España, para 30 días los valores más altos de materia orgánica se registraron con los acondicionadores tuna España, vermicompost y desalt. Para el día 45 el valor más alto de materia orgánica se encontró con cardón dato. La materia orgánica se incrementó en 70 %, considerando el valor inicial de materia orgánica del suelo ( $13,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Los suelos afectados por sales se caracterizan por presentar niveles bajos de carbono orgánico, como resultado del crecimiento pobre de las plantas; además, la descomposición de la materia orgánica del suelo puede ser afectada negativamente por factores como la salinidad (Setia *et al.* 2011).

En este sentido, se plantea el desarrollo de estrategias que incrementen el ingreso de carbono al suelo en zonas semiáridas, con el propósito de coadyuvar en los procesos de recuperación de suelos degradados (García-Lucas 2013). La utilización de enmiendas orgánicas representa una alternativa para secuestrar carbono en los suelos (Adani *et al.* 2009). Los acondicionadores orgánicos presentan un tipo de materia orgánica que contiene una fracción estable (recalcitrante) a la acción microbiana, que permitiría una acumulación de carbono en el suelo a través de su incorporación en las sustancias húmicas del suelo (Spaccini *et al.* 2002).

Los acondicionadores aplicados tuvieron un efecto significativo sobre la actividad biológica del suelo ( $P < 0,05$ ). A los 7 y 15 días de incubación, la respiración fue más alta con vermicompost, a los 30 días el valor más alto ocurrió cuando se aplicó el biopolímero desalt, para todas las fechas los valores más bajos correspondieron al tratamiento con tuna España y el testigo (Figura 1). El incremento de la

**Tabla 5. Contenido de bases intercambiables de suelos de la llanura de Coro en cuatro épocas de incubación.**

Tratamientos	Calcio y magnesio intercambiables ( $\text{mg kg}^{-1}$ )							
	7 días		15 días		30 días		45 días	
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
T1	16,42 b	31,56 b	13,07 b	28,77 b	10,40 b	34,52 b	10,42 b	34,03b
T2	27,63a	30,09 b	48,85 a	30,75b	15,25 b	40,72 a	13,82b	31,56 b
T3	21,38 a	33,54b	49,74 a	40,29 ab	12,31b	35,78 b	18,34b	36,99 b
T4	31,28 a	44,39 a	48,58 a	42,63 ab	14,74 b	36,72 b	20,13 ab	40,80 a
T5	15,27b	41,92 a	43,07a	58,61 a	18,25 a	41,70 a	17,47 b	38,91b
T6	18,32 b	33,33b	40,97 a	35,16 b	17,56 a	37,24 b	28,19 a	36,84b

Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 6. Contenido de materia orgánica de suelos de la llanura de Coro en diferentes épocas de incubación.**

Tratamientos	contenido de materia orgánica ( $\text{g kg}^{-1}$ )			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T1	13,2 a	13,0 b	12,40 b	11,60 c
T2	13,7 a	14,9 b	15,90b	22,40 a
T3	13,7 a	18,2 a	17,40 a	17,80 ab
T4	13,6 a	16,5 b	16,70 a	15,55 b
T5	13,5 a	15,4 b	15,38 b	15,20 b
T6	13,3 a	15,6 b	16,02 a	14,85 b

Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación ( $P < 0,05$ ).

respiración estuvo asociado con disminución de la conductividad eléctrica ( $r = -0,39$ ).

Mogollón *et al.* (2001) y Mogollón (2014) al aplicar vermicompost a un suelo en el estado Falcón encontraron reducción en los valores de conductividad eléctrica y de la actividad biológica, se observó una correlación negativa entre la conductividad eléctrica, la respiración basal y la materia orgánica, lo que hace suponer que los microorganismos poseen mecanismos fisiológicos que reducen los niveles de sales y sodio intercambiable. La reducción del contenido de sales y de sodio puede deberse al efecto de los ácidos orgánicos de la materia orgánica o los exudados microbianos que reducen el pH, desplazan al sodio y los cationes básicos de la micela coloidal. En tal sentido, Villafañe *et al.* (1999) mencionan que en los suelos con alto contenido de sales, algunos mecanismos relacionados a la actividad biológica pueden promover la solubilización de cantidades importantes de carbonato de Ca y Mg, lo cual genera un descenso del pH de la solución del suelo.

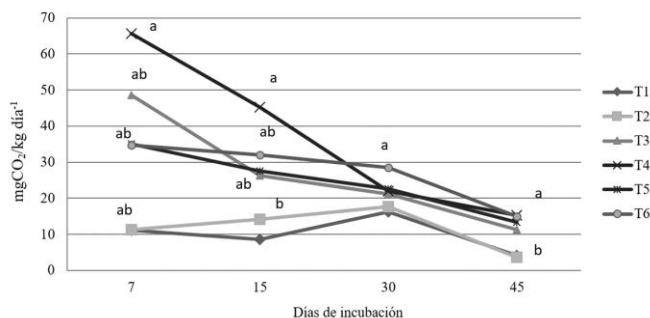


Figura 1. Respiración basal de suelos de la llanura de Coro en diferentes épocas de incubación. Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación ( $P < 0,05$ ).

En la Tabla 7 se observa que el índice de eficiencia de remoción de sodio (IERS) a los 30 y 45 días los valores más altos ( $P < 0,05$ ) fueron encontrados con cardón dato, biosol, desalt y vermicompost. A pesar de la eficiencia de los acondicionadores en la remoción del sodio presente en el suelo, los valores siguen siendo muy altos, por lo que deben evaluarse períodos más largos de incubación y dosis más altas de los

Tabla 7. Índice de eficiencia en la remoción de Sodio de suelos de la llanura de Coro en cuatro épocas de incubación.

Tratamientos	Época de medición			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T1	NA	NA	NA	NA
T2	30,02 a	42,49 a	51,84 a	68,10 a
T3	5,50 b	7,86 b	10,61 b	22,14 b
T4	5,25 b	17,36 ab	30,99 a	54,66 a
T5	3,45 b	23,39 ab	49,14 a	70,37 a
T6	4,91 b	25,30 ab	39,41 a	55,84 a

Letras distintas indican diferencia entre los tratamientos para cada época de evaluación ( $P < 0,05$ ). NA: no aplica, debido a que se refiere al testigo.

Tabla 8. Coeficiente de correlación de Pearson entre atributos químicos y biológicos de suelos de la llanura de Coro en cuatro épocas de incubación.

	pH	CE	MO	Na	PSI	IERS	Ca	Mg	C-CO <sub>2</sub>
pH	1,00								
CE	ns	1,00							
MO	ns	-0,46*	1,00						
Na	0,48*	0,48*	-0,65**	1,00					
PSI	ns	0,42*	-0,51**	0,76**	1,00				
IERS	ns	-0,44*	0,52**	-0,80**	-0,99**	1,00			
Ca	-0,39*	ns	ns	ns	ns	ns	1,00		
Mg	ns	ns	ns	-0,49**	ns	ns	ns	1,00	
C-CO <sub>2</sub>	ns	-0,39*	ns	ns	0,39*	ns	ns	ns	1,00

CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; Na: sodio intercambiable; PSI: Porcentaje sodio intercambiable; IERS: índice de eficiencia de remoción de sodio; Ca: calcio intercambiable; Mg: magnesio intercambiable; C-CO<sub>2</sub>: respiración basal; ns: no significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ).

acondicionadores, así como la aplicación de prácticas agronómicas adicionales referidas a uso de cultivos tolerantes, nivelación de terrenos, lavado de sales y construcción de obras de drenaje interno y externo (Zérega 1993), para reducir el contenido de sodio por debajo de los niveles máximos permitidos.

Se encontró correlación (Tabla 8) entre conductividad eléctrica y materia orgánica ( $P < 0,05$ ;  $r = -0,26$ ), entre contenido de materia orgánica y de sodio intercambiable ( $r = -0,65$ ), y entre contenido de materia orgánica y el índice de remoción de sodio ( $r = 0,52$ ), lo que indica que el incremento de la materia orgánica contribuye a la reducción del contenido de sales y de sodio en el suelo. Estos resultados pueden ser explicados por la formación de enlaces entre las partículas de suelo con los ácidos orgánicos, los cuales mantienen en complejos las sales y los cationes básicos como el sodio.

### CONCLUSIONES

La aplicación de los acondicionadores de suelo produjo una significativa disminución de los valores de conductividad eléctrica, contenido de  $\text{Na}^+$  intercambiable y porcentaje de sodio intercambiable; el extracto de cardón dato y el biopolímero desalt fueron más eficientes en la reducción de la conductividad eléctrica.

Se observó un aumento de materia orgánica del suelo cuando se aplicaron los acondicionadores evaluados, los valores más altos ocurrieron con la aplicación de cardón dato y tuna España.

Se encontró correlación negativa entre la conductividad eléctrica y contenido de materia orgánica en el suelo, entre contenido materia orgánica y contenido de sodio intercambiable y una correlación positiva entre materia orgánica y el índice de remoción de sodio, lo cual indica que el incremento de la materia orgánica en el suelo contribuye a la reducción de los contenidos de sales y sodio en el suelo.

El índice de eficiencia de remoción de sodio fue mayor con la aplicación del extracto de cardón dato y desalt al final del ensayo. Sin embargo el

porcentaje de sodio intercambiable aún se encuentra por encima de los valores máximos permitidos, lo cual afecta severamente la calidad física del suelo.

### REFERENCIAS

- Adani, F., Tambone, F. and Genevini, P. 2009. Effect of compost application rate on carbon degradation and retention. *Soil Waste Management* 29: 174-179.
- Alves, N., Leonor, I. and Azevedo, H. 2012. Surfaces inducing biomineralization. *biomimetic approaches for Biomaterials Development*. Weinheim Wiley-VCH 333-351.
- Anderson, J. and Domsch, K. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10:215-221.
- Andreau, R., Gelati, P., Provaza, D., Bennardi, D., Fernández, D. y Vásquez, M. 2012. Degradación física y química de dos suelos del cordón hortícola platense. *Alternativas de tratamiento. Ciencia del Suelo (Argentina)* 30:107-117.
- Azarmi, R., Giglou, M. and Taleshmikail, D. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology* 7: 2397-2401.
- Celis, J., Sandoval, M., Martínez, B. and Quezada, C. 2013. Effect of organic and mineral amendments upon soil respiration and microbial biomass in a saline-sodic soil. *Ciencia e investigación agraria*, 40(3): 571-580.
- Chen, S., Zommodi, M., Fritz, E., Wang, S. and Huttermann, A. 2004. Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions. *Trees: Structure and Function* 18(2): 175-183.
- Choudhary, O., Josan, A., Bajwa, M. and Kapur, M. 2004. Effect of sustained sodic and saline-sodic irrigation and application of gypsum and

- farmyard manure on yield and quality of sugarcane under semi-arid conditions. *Field Crop Res.* 87: 103-116.
- De Varennes, A., Goss, M. and Mourato, M. 2006. Remediation of a sandy soil contaminated with cadmium, nickel and zinc using an insoluble polyacrylate polymer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37: 1639-1649
- Durán, L. y Henríquez, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33:275-281.
- Ewel, J., Madriz, A. y Tosi, J. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 270 pp.
- Feng, G., Zhang, X., Li, C., Tian, C. and Tang, Z. 2005. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12: 185-190.
- García-Lucas, E. 2013. Estrategias para la recuperación de suelos degradados en ambientes semiáridos: adición de dosis elevadas de residuos orgánicos de origen urbano y su implicación en la fijación de carbono. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Murcia. Disponible: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/121594/TEGL.pdf?sequence=1> [Consulta: Octubre] 2013.345 pp
- González, P. y Strabins, W. 1971. Estudio Agrológico. Coro-Quebrada Cardón. Fudeco, Barquisimeto-Venezuela. 91 pp.
- Henríquez, M., Rodríguez, O., Montero, F. y Hernández, A. 2003. Efecto de acondicionadores naturales y sintéticos sobre los cationes solubles y la infiltración del agua en un Aridisol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(2): 1-316
- Jalali, M. and Ranjbar, F. 2009. Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. *Geoderma* 153: 194-204.
- Jordao, C., Pereira, M., Einloft, R., Santana, M., Bellato, C. and Vargas De Mello, J. 2002. Removal of Cu, Cr, Ni, Zn and Cd from electroplating wastes and synthetic solutions by vermicompost of cattle manure. *Journal of Environmental Science Health* 37: 875-892.
- Lai, K., Ye, D. and Wong, W. 1999. Enzyme activities in a sandy soil amended with sewage sludge and coal fly ash. *Water Air Soil Pollut* 113:261-272.
- Machado, D., Navarro, F. y Medina, R. 1990. Evaluación del Uso de Tierras Agrícolas en el Área bajo riego de la Zona “El Cebollal” Estado Falcón. Trabajo Especial de Grado. UNEFM. 162 p.
- Mahmoud, E. and Ibrahim, M. 2012. Effect of vermicompost and its mixtures with water treatment residual on soil chemical properties and barley growth. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12:431-440.
- Matson, P., Parton, W., Power, A. and Swift, M. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504-509.
- Mogollón, J. 2014. Efecto del uso del vermicompost para la biorremediación de suelos salino-sódicos del estado Falcón. Trabajo de Grado para optar al título de Magister en Ciencias Ambientales. Universidad Yacambú. Barquisimeto, Lara. 146 Pp.
- Mogollón, J., Tremont, O. y Rodríguez, O. 2001. Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales. *Venesuelos* 9:48-56.
- Mogollón, J. Torres, D. y Martínez, A. 2010. Cambios en algunas propiedades biológicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, Estado Falcón, Venezuela. *Bioagro* 22:217-222.

- Oliva, M., Rincón, R., Zenteno, E., Pinto, A., Dendooven, L. y Gutiérrez, F. 2008. Rol del vermicompost frente al estrés por cloruro de sodio en el crecimiento y fotosíntesis en plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Gayana. Botánica 65(1): 10-17
- Rivero, C. y Paolini, J. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución de CO<sub>2</sub> de dos suelos venezolanos. Revista Facultad de Agronomía LUZ 21:37-49.
- Rodríguez, N. y Florentino, A. 2004. Identificación de indicadores de sostenibilidad para los tipos de uso de la tierra en las series el Patillal y San Isidro de la llanura de Coro. CD ROM Memorias del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo. Cartagena de Indias Colombia.
- Rodríguez, N., Florentino, A., Torres, D., Yendís, H. y Zamora, F. 2009. Selección de indicadores de calidad de suelo en tres tipos de uso de la tierra en la planicie de Coro estado falcón. Rev. Fac. Argon. Luz 26(3):340-361.
- Setia, R., Marschner, P., Baldock, J., Chittleborough, D., Smith, P. and Smith, J. 2011. Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. Soil Biology and Biochemistry 43:1908-1916.
- Spaccini, R., Piccolo, A., Conte, P., Haberhauer, G. and Gerzabek, M. 2002. Increase soil organic sequestration through hydrophobic protection by humic substances. Soil Biology and Biochemistry 34:1839-1851.
- Torres, D., Rodríguez, N., Yendís, H., Florentino, A. y Zamora, F. 2006. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, estado Falcón. Bioagro 18: 123-128.
- Universidad Central de Venezuela (UCV). 1993. Métodos de análisis de suelo y plantas utilizadas en el Laboratorio General del Instituto de Edafología. Cuadernos de Agronomía N° 6. Facultad de Agronomía, UCV. 89 p.
- Villafañe, R., Abarca, O., Azpurúa, M., Ruiz, T. y Dugarte, J. 1999. Distribución espacial de la salinidad en los suelos de Quíbor y su relación con las limitaciones de drenaje y la calidad del agua. Bioagro 11 (2): 43-50.
- Walkley, A. y Black, A. 1934. An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed modification of the chromi acid titration method. Soil sci 37:29
- Zérega, M. 1993. Manejo y uso agronómico de la cañaza en suelos cañameleros. Caña de azúcar 11:1-13.

## **CARACTERIZACIÓN DE CAMBIOS EN COBERTURA BOSCOSA EN EL ESTADO COJEDES ENTRE 1990 Y 2008\***

### **Characterizations of changes in forest cover at the Cojedes State between 1990 and 2008**

Iraida Vivas<sup>1</sup>, Luís Rumbo<sup>1</sup>, Franklin Paredes<sup>1</sup> y Freddy La Cruz<sup>1</sup>

#### **RESUMEN**

El deterioro de los recursos naturales es un tema de especial importancia dentro del marco del desarrollo sostenible de Venezuela. En el estado Cojedes es visualmente evidente la pérdida de la cobertura boscosa; sin embargo, este proceso es escasamente conocido bajo un enfoque cuantitativo. Se analizaron los cambios en la cobertura boscosa del estado Cojedes aplicando técnicas de geoprocésamiento en imágenes LANDSAT TM y ETM+ y SPOT 5 en el período 1990-2008. Los resultados más relevantes para el área de estudio fueron: 1) La cobertura boscosa durante los años 1990; 2000 y 2008 fue de 266085, 164189 y 149326 ha, respectivamente, se evidenció una disminución alrededor de 43% con relación a la cobertura boscosa del año 1990. 2) El cambio superficial y espacial en la cobertura boscosa más acentuado ocurrió entre 1990 y 2000. En general, los cambios de mayor significancia ocurrieron en las planicies aluviales entre los ríos Cojedes - San Carlos, San Carlos - Tinaco y El Pao - Chirgua. 3) Los protocolos empleados en los actos administrativos de afectación del recurso bosque durante el período 1990-2008 fueron ineficientes en cuanto a detección de áreas deforestadas, pues solo se reflejó 13% de la pérdida de cobertura boscosa del estado Cojedes estimada por teledetección. En gran medida, los ilícitos ocurren en zonas de difícil acceso, lo cual imposibilita la detección oportuna de la afectación.

**Palabras clave:** cobertura boscosa, teledetección, estado Cojedes, Venezuela.

#### **ABSTRACT**

The natural resources deterioration is an issue of particular importance within the framework of sustainable development in Venezuela. In Cojedes state is clearly evident the loss of forest cover; however, this process is hardly known as a quantitative approach. Changes in forest coverage in Cojedes State were analyzed applying geoprocessing techniques using LANDSAT TM and ETM + and SPOT 5 during a period of 1990-2008. The most relevant results to the area of study were: 1) The forest cover during the years 1990; 2000 and 2008 was 266085, 164189 and 149326 ha, respectively, a decreasing around 43% was demonstrated in relation to forest cover 1990. 2) The surface and space change in forest cover more pronounced occurred between 1990 and 2000. Overall, the most significant changes occurred in the floodplain between the rivers Cojedes - San Carlos, San Carlos - Tinaco and The Pao - Chirgua. 3) The protocols used in administrative acts of forest resources involvement during 1990-2008 were inefficient in detection of deforested areas, since only 13% of the loss of forest cover estimated by remote sensing Cojedes state was reflected. Largely illicit actions occur in inaccessible areas, making it impossible for the timely detection of involvement.

**Key words:** forest cover, remote sensing, Cojedes State, Venezuela.

---

(\*)Recibido: 23-02-2015

Aceptado: 23-06-2015

<sup>1</sup> Programa de Ingeniería, Arquitectura y Tecnología, Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, San Carlos 2201, Venezuela. [yayavivas@gmail.com](mailto:yayavivas@gmail.com); [luisrumbo@gmail.com](mailto:luisrumbo@gmail.com); [franklinparedes75@gmail.com](mailto:franklinparedes75@gmail.com); [freddyjodelacruz@hotmail.com](mailto:freddyjodelacruz@hotmail.com).

## INTRODUCCIÓN

El deterioro de los recursos naturales es un tema de especial importancia dentro del marco del desarrollo sostenible de nuestro país. En este contexto, la pérdida de masas boscosas es manifestación de este deterioro originado mayormente por la acción del hombre sobre el territorio, ya sea mediante la ampliación de la frontera agrícola, explotación indebida de las especies maderables contenidas en los bosques, invasión de tierras destinadas a la explotación forestal permanente, la práctica de una actividad minera sin control ni supervisión, generación de incendios de vegetación y el establecimiento de infraestructura urbana no planificada. La deforestación implícita en estos hechos, ha generado pérdida de propiedades productivas de los suelos, disminución de los caudales en los ríos y quebradas, pérdida de la diversidad biológica y alteración de las condiciones naturales de los ecosistemas, que trae como consecuencia incremento en el riesgo de desastres y disminución de las posibilidades de mejoramiento de la calidad de vida de la población (Dugarte y Rojas, citados por Pozzobón *et al.* 2004).

En el estado Cojedes era conocido, aunque de forma cualitativa, la ocurrencia de un proceso de pérdida de la cobertura boscosa; sin embargo, no se tenían detalles sobre este fenómeno, para años posteriores a 1990. Esta situación particular creó la necesidad de desarrollar esta investigación. La manera clásica de saber el área deforestada consiste en contabilizar las que cuentan con permisos para realizar deforestación baja, media o alta; aunque este proceder no asegura el registro de todos los sitios donde se lleva a cabo la deforestación. Una alternativa rápida y de bajo costo consiste en el uso de la teledetección, la cual cubre grandes superficies con diferentes niveles de resolución según el sensor que se emplee. Aunque esta técnica ha sido ampliamente usada en otras partes del país, en esta investigación se exploró su bondad como herramienta para detectar los cambios de cobertura boscosa en el ámbito espacial y temporal del estado Cojedes.

## ÁREA DE ESTUDIO

La investigación abarcó la superficie total del estado Cojedes, centro-occidente del país, ocupa

14800 km<sup>2</sup> y limita al norte con los estados Lara, Yaracuy y Carabobo, al este con el estado Guárico, al sur con el estado Barinas y al oeste con el estado Portuguesa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron y catalogaron documentos y recursos cartográficos de acceso libre, fundamentalmente mapas de vegetación de la unidad de estudio con énfasis en aquellos que brindaron información confiable sobre cobertura boscosa. También se revisaron los catálogos de imágenes de satélite disponibles en LPAIS y website GLCF, se tomó como criterio de selección, la época de captura (período seco) y el cubrimiento total del estado Cojedes; los años 1990; 2000 y 2008 cumplieron estos criterios y por tanto, fueron seleccionados para el análisis. No fue posible considerar el criterio del porcentaje de nubes para todo el bloque de imágenes que cubren el espacio físico del estado Cojedes, lo cual influyó en la calidad de la clasificación.

Se aplicaron diversas técnicas de pre-procesamiento contenidos en las rutinas del software comercial ERDAS 9.1™. En principio, se generaron imágenes multispectrales agrupando todas las bandas disponibles para el producto LANDSAT en formato Generic Binary (004-053 y 004-054 de 1990; 005-054 de 2000). Luego, las imágenes fueron georreferenciadas geoméricamente empleando puntos de control extraídos de un grupo de imágenes LANDSAT previamente georreferenciadas por el personal de la Dirección Estatal del Poder Popular para el Ambiente Cojedes. Las escenas SPOT 5 utilizadas en este estudio, fueron provistas por Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes de Satélites (LPAIS), adscrito al Centro de Procesamiento Digital de Imágenes de la Fundación Instituto de Ingeniería para la Investigación y Desarrollo Tecnológico (<http://www.fii.gob.ve>). Todas las escenas SPOT 5 que distribuye LAPIS están georreferenciadas. En ambos casos, se adoptó el datum WGS84 como sistema de referencia. Cada imagen, LANDSAT o SPOT 5, cubre solo una porción del territorio cojedeño; en consecuencia, se construyó un mosaico para cada año y tipo de imagen. Un mosaico agrupa imágenes que tienen en

común, la fecha en que se captó la escena, y cada mosaico cubre la totalidad del estado. En este punto, se realizó un realce a las imágenes resultantes para mejorar su visualización.

Las escenas-mosaico multiespectrales de 1990 y 2000 tenían una resolución espacial de 28,5 m x 28,5 m (producto LANDSAT). Para el año 1990 se emplearon siete bandas, mientras que para el año 2000, solo seis bandas; las bandas térmica y pancromática fueron omitidas en ambos casos. La escena de 2008 se derivó del producto SPOT 5. Su obtención requirió agrupar las cuatro bandas disponibles, que generó una escena multiespectral con resolución espacial de 13,5 m x 13,5 m.

Se visualizaron todas las combinaciones de bandas posibles para cada producto y se seleccionó la combinación que proveyó el mejor contraste entre las áreas boscosas y no boscosas (Chuvienco 1996). Luego, a cada escena-mosaico se le aplicó una clasificación no supervisada, usando el algoritmo ISODATA y predefiniendo 40 clases. Posteriormente, se agruparon las clases en dos categorías: Cobertura boscosa y Otras coberturas. Para esta agrupación se consideraron los criterios de interpretación simple, como forma, disposición y asociación espacial, con base en la propia experiencia de los investigadores en el conocimiento del estado Cojedes. Además para la agrupación de 1990, se utilizó como patrón de referencia parcial, una capa raster georreferenciada del Atlas de Vegetación del estado Cojedes de ese año, provisto por la Dirección Estatal del Poder Popular para el Ambiente Cojedes; este producto muestra las asociaciones de cubiertas vegetales. La escena de 2008, requirió el uso del servidor Google Earth Pro para mejorar la calidad de la clasificación en ciertos sectores del estado, y así discriminar adecuadamente la cobertura boscosa y otras coberturas. Los productos cartográficos así generados, permitieron describir la condición de las coberturas boscosas de los años 1990; 2000 y 2008.

Para describir espacial y temporalmente los cambios de la cobertura boscosa del año 2000 con relación a la condición observada en 1990 se usó la herramienta detección de cambio del software comercial ERDAS 9.1™. En general, el producto

resultante fue un mapa en el que se muestra la diferencia porcentual de la señal espectral de cada pixel para el año 2000 con relación al año 1990, asumido como patrón (Chuvienco 1996). Con respecto al cambio en cobertura boscosa para el período 2000-2008, debido a diferencias en la resolución espacial no se pudo aplicar la misma herramienta. Por tanto, el análisis se efectuó por zonas del estado, tomando como referencia la cartografía generada para los años 2000 y 2008, y considerando la superficie ocupada por la cobertura boscosa (estimada a partir del área unitaria en m<sup>2</sup>/pixel para cada año) y su disposición espacial. Además, de acuerdo con Hernández y Pozzobón (2002), se estimaron las tasas medias anuales de deforestación en %/año y en ha/año, para los períodos 1990-2008, 1990-2000 y 2000-2008.

En función de las estimaciones en superficie se obtuvo el área porcentual de conversión de la categoría bosques a otras coberturas. El valor así obtenido se contrastó con el incremento porcentual de superficie boscosa afectada y registrada en la Dirección Estatal del Poder Popular para el Ambiente Cojedes, mediante los actos administrativos autorizados relativos a la actividad de deforestación entre 1990 y 2008.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Cobertura boscosa durante 1990; 2000 y 2008**

El procesamiento de las escena-mosaico LANDSAT (1990 y 2000) y SPOT (2008) brindó buenos resultados en la identificación de la cobertura boscosa; sin embargo, dado que la superficie de estudio (14800 km<sup>2</sup>) cuenta con una amplia variedad de coberturas y debido a la ocurrencia de nubes y sombras (especialmente en 2008), debe considerarse la información presentada en este documento como una aproximación de la cobertura boscosa real.

La cobertura boscosa la integran aquellas categorías de cubierta manejadas por la FAO (2010), en las cuales predominan formas de vida arbórea, denominadas tierras boscosas y otras tierras boscosas, con el criterio de inexistencia del uso agrícola. A propósito del estado Cojedes y según el enfoque de la FAO (2010), la cobertura boscosa la



integran los bosques de montañas y colinas, de galería y de planicie aluvial. Cabe destacar que en principio, amplias franjas de terreno situadas en el área montañosa al noreste del estado Cojedes, fueron clasificadas (asociadas) erróneamente como cuerpos de aguas y tierras húmedas, por lo que se empleó un gran número de clases durante el proceso de clasificación para conseguir una mejor diferenciación y minimizar estos errores; finalmente se emplearon 40 clases. En todo caso, este aspecto evidenció la necesidad de evaluar, en futuras investigaciones, técnicas de clasificación de mayor robustez.

En el análisis de la escena-mosaico de 1990 se mostró que la cobertura boscosa cubrió casi 18% de la superficie del estado Cojedes. Esta cobertura se concentró mayormente en el municipio Ricaurte y norte de los municipios Anzoátegui y San Carlos, así como en ciertas localidades aisladas al sur de estos mismos municipios. Destaca igualmente el bosque de galería del río Cojedes aguas abajo de la población de Lagunita, los sectores de La Guanota, La Yagua, Las Garzas, Guamita, Las Cruces, El Milagro, en el sur del municipio Pao, y sureste de la población de El Baúl en el municipio Girardot. En el diagnóstico físico natural incluido en el Plan de Ordenación Territorial del estado Cojedes (MPPA 2011) se estableció que para el año 1988 las tierras con cobertura boscosa ocupaban unas 231626 ha, que representaban alrededor de 16% de su superficie. Este porcentaje no difiere en gran medida del estimado para 1990 (266085 ha). En este orden de ideas, es conveniente referir que Zambrano *et al.* (2013) estimaron que para 1990, la cobertura de bosques secos en el estado Cojedes abarcaba 22%.

En el año 2000, la proporción de cobertura boscosa representó 11% de total identificado; unas 164189 ha (Tabla 1), concentradas en el norte de los municipios Anzoátegui y San Carlos. Es necesario acotar que en el 2000 se observó una cobertura boscosa en el sureste de la población de El Baúl, que aumentó su extensión superficial en relación con lo observado en el año 1990. Probablemente, esta situación guardó correspondencia con el desarrollo de actividades vinculadas al sector eco-turístico e investigación científica, relativa a la conservación de la diversidad biológica, que favorecieron la regeneración natural.

**Tabla 1. Superficie estimada de bosques y otras coberturas para el estado Cojedes. Año 2000**

Tipo de Cobertura	Superficie (ha)	Porcentaje del estado Cojedes
Cobertura boscosa	164189	11,09
Otras coberturas	1315811	88,91
<b>Total</b>	<b>1480000</b>	<b>100,00</b>

**Nota:** basado en un mosaico derivado de cuatro imágenes LANDSAT ETM+

Esta hipótesis se sustenta parcialmente en lo expresado por Carrizo (2003), que refirió la existencia en esta área de un bosque primario tropófilo húmedo en combinación con sabana inundable y bosques de galería, con importancia en términos de diversidad biológica. La disminución en proporción de la cobertura boscosa del estado Cojedes en el año 2000, con respecto a 1990, puede en parte ser explicada por el incremento de 122500 ha para la actividad agrícola entre 1985 y 1995 (MPPA 2011), lo cual sugiere que esta expansión agrícola es quizás el factor más importante relacionado con la dinámica de las coberturas boscosas.

Durante el año 2008, la cobertura boscosa ocupó alrededor del 10% del espacio físico del estado Cojedes; unas 149326 ha (Tabla 2). Aunque la calidad de la escena-mosaico es menor a las escenas de 1990 y 2000 (nubes alternadas en el norte de los municipios Anzoátegui y San Carlos, y en la parte más septentrional de este último), fue posible identificar las zonas más intervenidas en el norte del municipio Pao y altiplanicie donde se ubica la ciudad de Tinaquillo. La superficie ocupada por las coberturas boscosas en estas áreas fue escasa en comparación con los años precedentes; pese a lo anterior, se advierte una posible subvaloración de la cobertura boscosa para 2008 como consecuencia de las nubes. Las coberturas boscosas están en gran medida en el norte de los municipios Anzoátegui y San Carlos, incluso ganando espacio con respecto al año 2000 en la carretera San Carlos – Apartaderos. Se conjetura que esto fue consecuencia de la mejor resolución que proveen las imágenes SPOT 5 usadas como insumo para crear el mosaico. Se identificaron nuevas áreas boscosas asociadas a plantaciones forestales, localizadas en el suroeste de la ciudad de San Carlos; en el municipio Pao, a la altura de la

**Tabla 2. Superficie estimada de bosques y otras coberturas para el estado Cojedes. Año 2008.**

Tipo de Cobertura	Superficie (ha)	Porcentaje del estado Cojedes
Cobertura boscosa	149326	10,09
Otras coberturas	1330674	89,91
<b>Total</b>	<b>1480000</b>	<b>100,00</b>

Nota: basado en un mosaico derivado de once imágenes SPOT 5.

población de Caño Benito; con bastante indefinición a la altura de la población de La Ceiba, en el municipio San Carlos, en ambas márgenes de la carretera San Carlos-Apartaderos.

### Cambio superficial y espacial en la cobertura boscosa para el período 1990-2008

En la Tabla 3 se muestra la proporción estimada de disminución de la cobertura boscosa en el período 1990-2008 para el estado Cojedes. Zambrano *et al.* (2013) reportaron para el período 1990-2010 una pérdida del bosque seco en el estado Cojedes de 37%. Este porcentaje difiere al estimado en alrededor de 6%, relativamente pequeño si se toma en cuenta que la calidad de la escena-mosaico del año 2008 no era adecuada (abundantes nubes) y el tratamiento preliminar aplicado a la escena fue poco elaborado (realces). La tasa media anual de deforestación (disminución del área bajo cobertura boscosa) se estimó igual a 2,4%/año equivalente a 6486,6 ha/año (Tabla 4); no obstante, este resultado es una primera aproximación. Este valor es considerado alto si se contrasta con las categorías propuestas por Hernández y Pozzobón (2002).

Para los años 1990 y 2008 se visualizó la disminución de cobertura boscosa en los municipios Pao y Girardot, especialmente los bosques de galería de los ríos Pao, Portuguesa y Caño Igües, así como del sector de bosque tropófilo primario en asociación con sabana inundable y galería, referido

**Tabla 3. Variación cobertura boscosa para el estado Cojedes. Período 1990-2008.**

Años	Superficie cobertura boscosa (ha)	Diferencia durante el periodo (ha)	Disminución porcentual
1990	266085		
2008	149326	-116759	43%

por Carrizo (2003). Igualmente es apreciable en el municipio Ricaurte y algunas áreas de pequeño tamaño en el sur de los municipios Anzoátegui y San Carlos. Esta tendencia de la pérdida de cobertura boscosa no ha sido homogénea a lo largo de los 18 años evaluados. Entre 1990 y 2000 se estimó una pérdida de cerca de 38%, mientras que entre el año 2000 y el 2008 se redujo aproximadamente a 9% (Tabla 5).

Pacheco *et al.* (2011a) reportaron para la región centro-norte de Venezuela, a la cual pertenece el estado Cojedes, una diferencia marcada entre los períodos 1995-2001 y 2001-2008, con respecto a la cobertura de los bosques, caracterizada por ganancia y pérdida, respectivamente. A partir de las mediciones reportadas por estos autores (Tabla 6; obtenidas de información cartográfica con cobertura nacional), se estimó una tasa media anual de pérdida de cobertura boscosa entre 1995 y 2001 del orden de 1,9 %/año. Sin embargo para el período entre 1982-1995 la pérdida de bosques se elevó hasta 20,7 %, tal hallazgo indica que durante este período ocurrieron las mayores pérdidas en cobertura boscosa en el ámbito nacional. A juzgar por estos resultados, se infiere que la tasa media anual para el período 1995-2001 podría ser mayor a la estimada para la región centro-norte del país y acercarse a la obtenida para el estado Cojedes durante 1990-2000.

**Tabla 4. Tasa media anual de pérdida cobertura boscosa para el estado Cojedes. Período 1990-2008.**

Años	Superficie cobertura boscosa (ha)	Pérdida aproximada de cobertura boscosa (ha/%)	Tasa media anual estimada de pérdida cobertura boscosa
1990	266085	116759	43%
2008	149326	ha	2,4%/ha/Año

**Tabla 5. Variación de Tasa media anual de pérdida cobertura boscosa para el estado Cojedes en los períodos 1990-2000 y 2000-2008.**

Período	Pérdida cobertura boscosa (ha y %)	Tasa media anual estimada de pérdida cobertura boscosa
1990-2000	101 896 38%	3,8%/10 189,6 ha/año
2000-2008	14 863 9%	1,1%/1857,9 ha/año

**Tabla 6. Variación de Tasa media anual estimada de pérdida cobertura boscosa para la región centro-norte de Venezuela. Período 1995-2001.**

Años	Superficie cobertura boscosa (ha)	Superficie aproximada de pérdida cobertura boscosa (ha y %)	Tasa media anual estimada de pérdida cobertura boscosa
1995	1 741 000	196 000 11,3%	1,9%/año
2001	1 545 000		

Fuente: datos tomados de Pacheco (2011a). Estimaciones propias

Durante el período 1990-2000 se registró la mayor pérdida de cobertura boscosa en el estado entre 1990-2008. Este cambio sobresalió en las planicies aluviales, entre los ríos Cojedes - San Carlos, San Carlos - Tinaco y El Pao – Chirgua, que permite suponer la incorporación de nuevas tierras a la actividad agrícola, tanto animal como vegetal. Esta hipótesis fue inicialmente planteada por Pacheco *et al.* (2011b), quienes refirieron que las tres primeras causas de la deforestación en Venezuela, desde la época precolombina hasta la Venezuela contemporánea, son la expansión agrícola, la construcción de infraestructura y la explotación de madera.

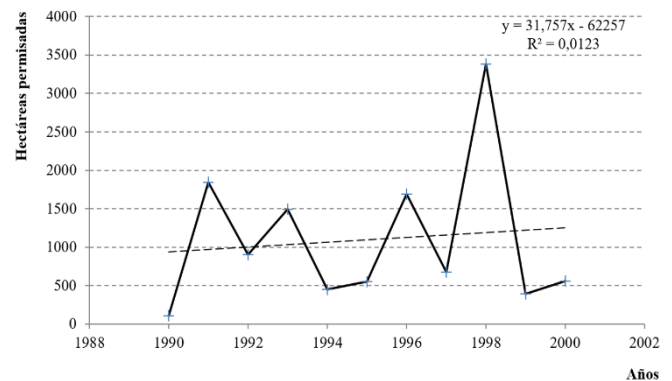
Durante el período 2000-2008, la pérdida de cobertura boscosa tuvo una desaceleración de 9% y una tasa media anual de 1,1 %/año. Estos valores distan de lo planteado por Pacheco *et al.* (2011a), quienes reseñaron que durante el período 2001-2008 la región centro-norte de Venezuela presentó una ganancia en cobertura boscosa. Pese a esto, Zambrano *et al.* (2013) encontraron para el período 2000-2010 una merma del 8% en la cobertura de los bosques secos del estado Cojedes; lo cual puede validar la estimación realizada en este informe, y coincide en la detección de una tendencia negativa en la cobertura boscosa.

**Contraste de los cambios detectados en la cobertura boscosa con las estadísticas estimadas de deforestación derivadas de los actos administrativos de afectación del recurso bosque durante el período 1990-2000**

A los efectos de este ente gubernamental, durante el periodo 1990-2008 se afectaron 15471,20 ha, sin embargo el análisis satelital arrojó que la pérdida de superficie boscosa es 7,54 veces mayor,

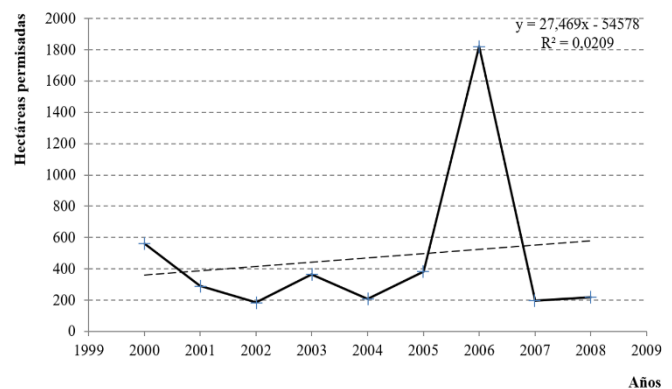
lo cual indica que poco más de 13% de las afectaciones boscosas fueron debidamente registradas. El ajuste de estos datos a un modelo de regresión generó ecuaciones con valores de R<sup>2</sup> cercanos a cero, que no definen una tendencia de los datos y no permite pronosticar pérdida de la cobertura boscosa para los períodos 1990-2000 y 2000-2008 (Fig. 1 y 2).

Existe una acentuada brecha entre la pérdida de cobertura boscosas estimada (116759 ha) y la registrada (15471,20 ha), lo que permite sugerir que los protocolos utilizados durante el periodo 1990-2008 para detectar oportunamente las deforestaciones ilegales fueron ineficientes, razón por la cual es necesario establecer correctivos para minimizar la ocurrencia de deforestaciones.



**Fig. 1. Superficie deforestada según los actos administrativos de afectación del recurso bosque durante el periodo 1990-2000.**

Fuente: Dirección Estatal del Poder Popular para el Ambiente Cojedes.



**Fig. 2. Superficie deforestada según los actos administrativos de afectación del recurso bosque durante el periodo 2000-2008.**

Fuente: Dirección Estatal del Poder Popular para el Ambiente Cojedes.

Una alternativa plausible sería el uso de imágenes secuenciales del satélite Miranda o Spot para detectar las deforestaciones ilegales, muchas de las cuales suceden en sitios remotos del estado, donde el acceso vial es inexistente o reducido. Esta situación favorece a los infractores, pues se valen de estas limitaciones para intervenir amplias áreas boscosas.

### **AGRADECIMIENTO**

Los autores de esta investigación agradecen su colaboración a la Dirección Estatal del Poder Popular para el Ambiente Cojedes y al Instituto de Ingeniería- Centro de Procesamiento Digital de Imágenes- Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes de Satélites.

### **REFERENCIAS**

- Carrizo, A. 2003. Plan de ordenamiento y reglamento de uso para la conservación de un área privada. Caso: Hato Piñero, estado Cojedes. Tesis de Maestría, UNEFA, Caracas. 140 pp.
- Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3era edición. Ediciones RIALP S.A., Madrid, España. Pp 23-24, 46-48, 63-64, 174-183, 209, 48-256, 370-385
- FAO 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Términos y definiciones. [documento en línea] En: <http://www.fao.org/docrep/014/am665s/am665s00.pdf> [consulta: enero de 2014]
- Hernández, E. y Pozzobon, E. 2002. Tasas de Deforestación en Cuatro Cuencas Montañosas del Occidente de Venezuela. Revista Forestal Venezolana 46 (1):35-42.
- MPPA 2011. Plan de Ordenación del Territorio del Estado Cojedes. Diagnóstico Físico-Natural [Datos en CD]. Disponible en Dirección Estatal Cojedes.
- Pacheco, C., Angulo, I. y Mollicone, D. 2011a. Dinámica de la deforestación en Venezuela: Análisis de los cambios a partir de mapas históricos. INTERCIENCIA 36(8):578-586.
- Pacheco, C., Aguado, I. y Mollicone D. 2011b. Las causas de la deforestación en Venezuela: Un estudio retrospectivo. Revista BioLlania Edición Esp. 10: 281-292.
- Pozzobon, E., Hernández, E. y Dugarte, I. 2004. Evaluación del proceso de deforestación en tres cuencas del piedemonte lacustrino de la cordillera de Los Andes. Revista Forestal Venezolana 48(2):14-22.
- Zambrano, S., Márquez, R., Lazo, R. y Rodríguez, J. 2013. Identificación preliminar de áreas prioritarias para la conservación de bosques secos en el estado Cojedes (Venezuela), utilizando técnicas de sensoramiento remoto. Ediciones IVIC. X Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, P. 235.

# UNIFORMIDAD Y PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN Y ARRASTRE EN RIEGO POR ASPERSIÓN EN TARABANA, ESTADO LARA\*

## Uniformity and wind drift and evaporation losses in sprinkler irrigation at Tarabana, Lara State

José Nicolás Ortiz<sup>1</sup>, Héctor Miranda<sup>1</sup> y Douglas Peroza<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se estudió la uniformidad de aplicación del agua y las pérdidas por evaporación y arrastre (PEA) para dos tipos de aspersores (Rain Bird 30 y Rain Man 8023) y dos altura de colocación con respecto al suelo (1 y 2 m) en riego por aspersión estacionario. El ensayo se realizó en Tarabana, Cabudare, estado Lara, se midieron las variables climáticas velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, humedad relativa y déficit de presión de vapor de agua para analizar la influencia de estos factores del clima sobre las pérdidas y la uniformidad del riego. Los resultados mostraron que, en general, el coeficiente de uniformidad (CU) y la uniformidad de distribución del agua (UD) disminuyeron con el incremento de la velocidad del viento, el CU y la UD fueron significativamente superiores en el aspersor Rain Bird instalado a 2 m de altura, con valores de 86 y 79%, respectivamente. En cuanto a las PEA, no se encontraron diferencias significativas entre las alturas y aspersores probados. Las pérdidas por evaporación y arrastre se ajustaron adecuadamente a un modelo lineal, en el cual la variable más explicativa fue la velocidad del viento.

**Palabras clave:** coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución, pérdidas por evaporación y arrastre, riego por aspersión.

### ABSTRACT

The water application uniformity and the losses by evaporation and drag (PEA) produced by two types of sprinklers (Rain Bird 30 and Rain Man 8023) and two different ground heights (1 and 2 m) in stationary sprinkler irrigation were studied. The trial was conducted at Tarabana, Cabudare, Lara State. Climatic variables as wind speed and direction, air temperature, relative humidity and water vapor pressure deficit were measured to determine the influence of these climatic factors on the irrigation uniformity and losses. Results showed that, in general, the uniformity coefficient (CU) and the water distribution uniformity (UD) decreased with the wind speed increase. The CU and the UD were significantly higher in the Rain Bird sprinkler installed at 2 m height, with values of 86 and 79%, respectively. As for the PEA, no significant differences between the heights and tested sprinklers were found. Evaporation losses and drag properly were adjusted to a linear model, in which the explanatory variable was the wind speed.

**Key words:** uniformity coefficient, distribution uniformity, wind drift and evaporation losses, sprinkler irrigation.

(\*) Recibido: 24-02-2015

Aceptado: 10-07-2015

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

## INTRODUCCIÓN

La optimización del riego contribuye a minimizar las pérdidas de agua y energía, esto genera una reducción de los costos y maximiza el rendimiento de los cultivos. La uniformidad de aplicación del agua es un criterio de funcionamiento importante para el diseño y manejo de cualquier sistema de riego por aspersión; no obstante, la lámina de agua aplicada por estos sistemas no es completamente uniforme en toda la parcela regada. La altura del emisor sobre el suelo o el cultivo tiene un efecto considerable sobre la distribución de agua. Un incremento en la altura del emisor produce normalmente una mayor uniformidad de riego, pero aumenta las pérdidas por evaporación y arrastre por el viento (Faci *et al.* 2001; Montero *et al.* 2003). El marco de riego es otro aspecto que influye sobre la uniformidad de aplicación de agua, en este sentido, Montero *et al.* (2000) señalan que los marcos cuadrados presentan una mayor uniformidad que los rectangulares cuando se emplean aspersores con una o dos boquillas con vaina prolongadora. Osman *et al.* (2014) encontraron que el coeficiente de uniformidad y la uniformidad de distribución se incrementan con el aumento del diámetro de la boquilla, la presión de operación y la altura de colocación de los aspersores. La mejora en la uniformidad de aplicación del agua se traduce en beneficios económicos, en ahorro de agua y reducción de los impactos ambientales de las zonas bajo riego (Brennan 2008; Bellingham 2015).

El tamaño de gotas es un aspecto importante a tener en cuenta en el diseño de sistemas de riego por aspersión (McLean *et al.* 2000), por su vinculación con la distorsión del patrón de distribución por efecto del viento, las pérdidas por evaporación y arrastre durante el riego, y la posible reducción de la velocidad de infiltración del suelo si se forma “costra” por la rotura de la estructura con el impacto de la gota (Salomon 1984). La velocidad y dirección del viento es el principal factor que distorsiona el patrón de distribución del agua en el riego por aspersión, y determina pérdidas por evaporación y arrastre (Tarjuelo 1999; Dechmi *et al.* 2004). La influencia de la velocidad del viento está relacionada con el tipo de emisor, diámetro de la boquilla, presión de trabajo y altura de la boquilla

con respecto a la superficie del suelo (Tarjuelo 2005).

Las pérdidas por evaporación en el aire dependen principalmente de: la humedad ambiental, la temperatura del aire y del agua, la altura del emisor, el tamaño de la gota y de la velocidad del viento, mientras que las pérdidas por arrastre dependen: de la velocidad del viento, del tamaño de las gotas y de la distancia que tenga que recorrer hasta llegar al suelo (Tarjuelo 2005). Lorenzini (2002) estudió el efecto de la temperatura del aire sobre la evaporación en el riego por aspersión, encontró valores comprendidos entre 4,15 y 7,73% cuando la temperatura del aire varió de 21 a 27 °C. El entendimiento de los factores que afectan las pérdidas por evaporación y arrastre es importante para desarrollar estrategias de conservación de agua (Tarjuelo *et al.* 2000).

Kincaid *et al.* (1986), en un estudio sobre las pérdidas por evaporación, arrastre y uniformidad, en sistemas pivote de baja presión, encontraron que los principales factores que afectan la uniformidad fueron la presión de operación, el espaciamiento y la elevación de la boquilla, y los que afectan a las pérdidas por evaporación y arrastre fueron la altura de colocación del emisor y la velocidad del viento. Adicionalmente, informaron pérdidas de agua por evaporación y arrastre de 12% para la altura de 4 m; mientras que para alturas de 1 y 2 m fueron menores a 5%. Abo-Ghobar (1992) estudió estas pérdidas, a nivel de campo en clima desértico, en tres sistemas de riego por pivote de baja presión, encontró pérdidas de 15,63; 21,19 y 35,77% para alturas de los emisores de 1,25; 1,75 y 2,5 m del suelo, respectivamente. Playan *et al.* (2005) encontraron que las pérdidas por evaporación y arrastre (en un sistema de avance frontal equipado con emisores de baja presión) fueron 9,8 y 5% durante el día y la noche, respectivamente. Además, concluyeron que la velocidad del viento fue la variable más explicativa para predecir las pérdidas nocturnas y diurnas, tanto en sistemas de cobertura total como en lateral de avance frontal, a excepción del riego nocturno en el lateral.

La aplicación de agua durante momentos de máxima demanda evaporativa y fuerte viento en el

riego por aspersión, origina pérdidas muy elevadas por evaporación y arrastre, llegan a alcanzar valores hasta de 30% del agua descargada (Spurgeon *et al.* 1983; Tarjuelo *et al.* 2000; López *et al.* 2011). Steiner *et al.* (1983) reportan pérdidas de 15%, bajo condiciones de alta evaporación. Playan *et al.* (2005) informaron pérdidas de 15,3% en riegos diurnos con sistemas de riego por aspersión de cobertura total.

La mayoría de ecuaciones usadas para predecir las pérdidas por evaporación y arrastre usan sólo la velocidad del viento como variable independiente, aunque algunas recurren a la humedad relativa, o una combinación de ambas, más la temperatura del aire (Playan *et al.* 2005). También, algunas fórmulas utilizan el déficit de presión de vapor para predecir pérdidas, parámetro más útil para velocidades del viento en rangos muy pequeños (Tarjuelo *et al.* 2000).

El objetivo de esta investigación fue estudiar la uniformidad de aplicación del agua y las pérdidas por evaporación y arrastre para dos tipos de aspersores y dos alturas de colocación con respecto al suelo en riego por aspersión estacionario en Tarabana, estado Lara.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante los meses enero-junio del año 2014 en el Campo Experimental de Riego del Decanato de Agronomía de la UCLA en el núcleo Tarabana, Cabudare, estado Lara, ubicado geográficamente a 10°01'52" de latitud norte y 69°16'44" de longitud oeste, a 510 msnm. Los datos climáticos medios anuales de la zona son: temperatura de 25°C, precipitación de 812,6 mm, humedad relativa de 74,6%, radiación solar de 371 cal cm<sup>-2</sup> y evaporación de 2084,9 mm.

La caracterización del reparto del agua se determinó siguiendo la metodología propuesta por Salomon (1979), que consiste en colocar una red de pluviómetros alrededor de un aspersor al aire libre y establecer el solapamiento correspondiente para cualquier marco de riego. Se evaluaron dos tipos aspersores y dos alturas de colocación con respecto al suelo (1 y 2 m), se colocó el aspersor en el centro de una cuadrícula de 20 x 20 filas de pluviómetros

(potes plásticos de 16 cm de diámetro y 20 cm de altura) separados cada dos metros. La cantidad de filas se definió en función del diámetro de mojado (del aspersor de mayor alcance) que recomienda el fabricante, en condición sin viento, para la presión utilizada en el ensayo, más una distancia adicional de 6 m para tomar en cuenta la distorsión causada por el viento sobre el patrón de mojado. En la Tabla 1, se indican las características de los aspersores probados.

**Tabla 1. Características de los aspersores ensayados.**

Aspersor	Material	Diámetro boquilla (mm)	Presión (kPa)	Radio mojado (m)
Rain Man 8023	Plástico	3,7	200	12
Rain Bird 30	Metal	4,4 x 2,4	280	14

Los cálculos de coeficiente de uniformidad (CU) (Christiansen 1942) y uniformidad de distribución (UD) (Merriam y Keller 1978) se realizaron para un marco de riego de 12 x 12 m para el aspersor Rain Man y de 14 x 14 m para el aspersor Rain Bird, estas separaciones se eligieron porque garantizan un buen solape entre los diámetros de mojado. Para cuantificar los parámetros de riego señalados se usaron las ecuaciones (1) y (2):

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |V_i - V_m|}{V_m * N}\right) * 100 \quad (1)$$

Donde, CU es el coeficiente de uniformidad del agua aplicada (%);  $V_i$  = volumen de agua recogida por cada pluviómetro;  $V_m$  = volumen medio de agua recogida en el total de los pluviómetros;  $N$  = número total de pluviómetros que intervienen en la evaluación.

$$UD = \frac{V_{25}}{V_m} * 100 \quad (2)$$

Donde, UD es la uniformidad de distribución del agua aplicada (%);  $V_{25}$  es el volumen medio recogido en el 25% de pluviómetros que menos agua recogen;  $V_m$  es el volumen medio recogido en el total de pluviómetros.

Se realizaron diez evaluaciones para cada combinación tipo de aspersor-altura de instalación,

40 pruebas, a diferentes velocidades del viento. El sistema se presurizó con una motobomba de 5 Hp que extraía agua de un tanque de 120 m<sup>3</sup> de capacidad, a la salida de la misma se colocó una válvula para regular la presión e inmediatamente un manómetro de glicerina. Para regularizar la presión de operación del aspersor, también se instaló un manómetro en la tubería justo antes de entrar al aspersor. En cada evaluación se midió el caudal por el método volumétrico, una vez estabilizada la presión de operación del aspersor, estas mediciones permitieron obtener el caudal descargado, para luego calcular la eficiencia de descarga (Efd), que es una medida aproximada de la magnitud de las pérdidas por evaporación y arrastre. Esta eficiencia se calcula como el cociente entre la altura media recogida por los pluviómetros (AMR) y la altura media descargada por el aspersor (AMD), expresado en porcentaje:

$$Efd = \frac{AMR}{AMD} * 100 \quad (3)$$

Los valores de PEA (100-Efd) se relacionaron con datos climáticos para analizar sus posibles efectos sobre las pérdidas, y buscar un modelo de predicción adecuado. La información climática considerada fue la velocidad del viento, la temperatura del aire, la humedad relativa y el déficit de presión de vapor de agua; estos se calcularon como promedio del dato registrado cada diez minutos desde el inicio de cada prueba. Se tomaron en cuenta estos datos climáticos debido a que diversos autores (Tarjuelo *et al.* 2000; Faci *et al.* 2001; Lorenzini 2002; Playan *et al.* 2005) han encontrado que tienen mayor influencia sobre PEA. La velocidad y dirección del viento se midieron a 2 m de altura con un Anemógrafo Digital (EL503-100), para la temperatura y humedad relativa se usó un termohigrómetro digital portátil y el déficit de presión de vapor de agua ( $e_s - e_a$ ) se calculó con la expresión (Trimmer 1987):

$$(e_s - e_a) = 0,611e^{\left(\frac{17,27T_a}{237,3+T_a}\right)} \left(1 - \frac{HR}{100}\right) \quad (4)$$

donde, ( $e_s - e_a$ ) es la presión de vapor en saturación y presión de vapor real del aire (kPa);  $T_a$  la temperatura del aire (°C) y HR la humedad relativa (%).

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa informático Statgraphics v5.1 (Statistical Graphics Corp., Englewood Cliffs, USA), se realizó análisis de varianza para las variables coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución y para las pérdidas por evaporación y arrastre para los tipos de aspersores y altura instalación de aspersor. Cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó prueba de media de Tukey ( $P < 0,05$ ). Se realizó análisis de regresión múltiple para PEA en función de los factores climáticos. Previo a los análisis de varianza se verificó que los datos cumplieran con los supuestos de normalidad, homogeneidad de la varianza e independencia. Para que el  $e_s - e_a$  cumpliera con la condición de normalidad se realizó una transformación a Raíz Cuadrada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Uniformidad de aplicación del agua

En la Figura 1 se muestra la evolución del coeficiente de uniformidad y de la uniformidad de distribución para la combinación tipo de aspersor-altura de instalación en función de la velocidad del viento, puede observarse que los mayores valores de CU se consiguieron en los aspersores ubicados a 2 m con respecto al suelo, con cifras en la banda 82-91% para el aspersor Rain Bird, y entre 80 y 90% para el Rain Man; mientras que para la altura de 1 m el máximo valor fue 88% para ambos aspersores y el valor menor de CU fue 76 y 73% para los aspersores Rain Bird y Rain Man, respectivamente. En cuanto a la UD, hubo tendencia similar al CU, pero con valores más bajos, que variaron entre 72 y 85% para la altura de 2 m, y entre 63 y 82% cuando los aspersores se colocaron a 1 m. En esta Figura se evidencia que, en general, estos parámetros de uniformidad disminuyen cuando aumenta la velocidad del viento, aunque hay que destacar que cuando la dirección del viento varió, ocurrió mejoría en la uniformidad, lo cual puede visualizarse donde hubo valores de uniformidad superiores para vientos con mayor velocidad.

Si se compara el tipo de aspersor y la altura de colocación, para una misma velocidad del viento, puede observarse que para 4,52 m s<sup>-1</sup> el CU



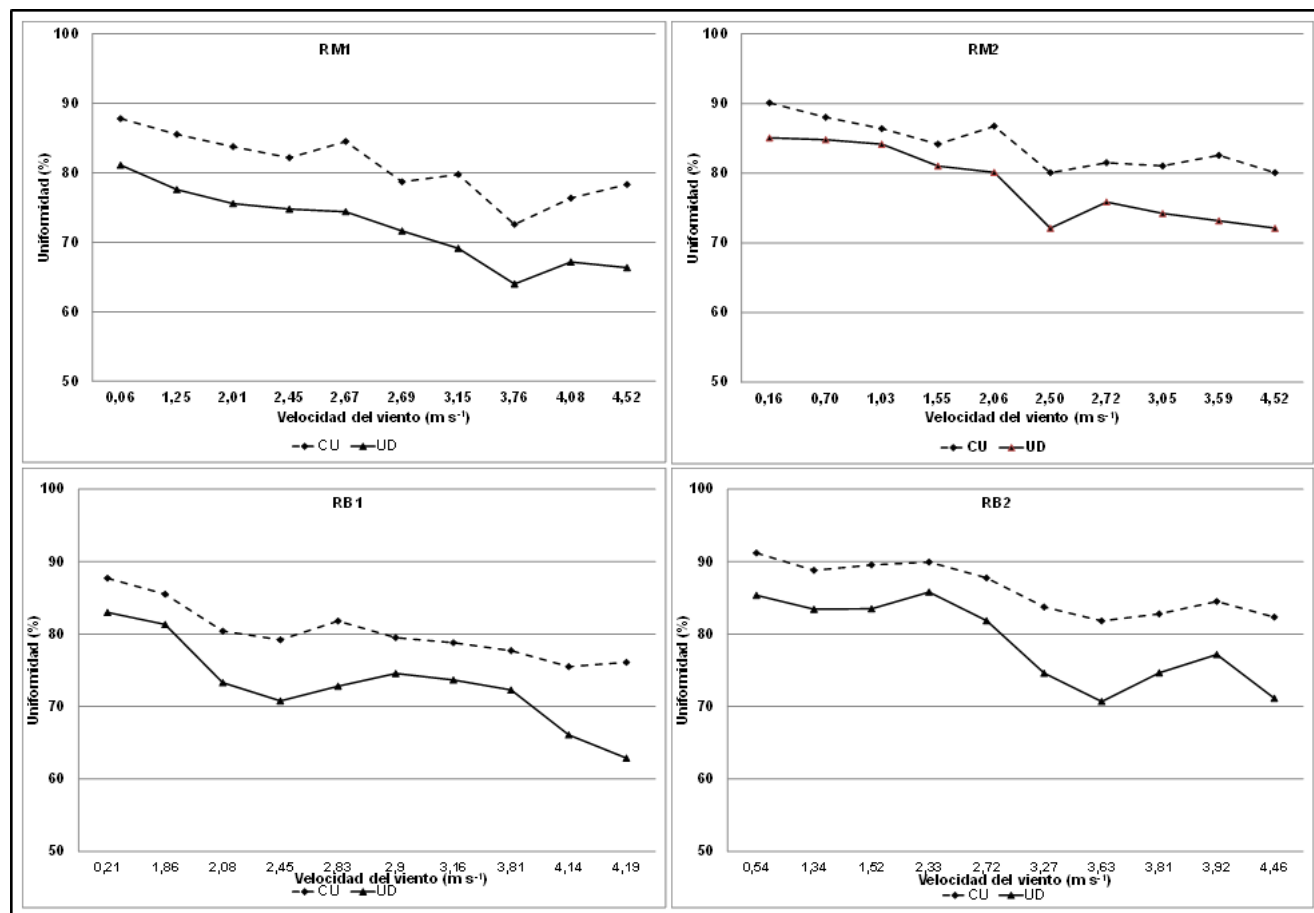


Figura 1. Coeficiente de uniformidad (CU) y uniformidad de distribución (UD) para los aspersores Rain Bird (RB1 y RB2) y Rain Man (RM1 y RM2) a las alturas de 1 y 2 m.

para el Rain Man fue 78 y 80% para las alturas de 1 y 2 m, respectivamente; en el otro tipo de aspersor y 3,81 m s<sup>-1</sup> el CU a 1 y 2 m fue 78 y 83%, en ese orden; cuando la altura fue 1 m y la velocidad del viento 2,45 m s<sup>-1</sup> el CU fue 82 y 79% para el Rain Man y Rain Bird, respectivamente; mientras que a 2 m de altura y 2,72 m s<sup>-1</sup> el CU fue 88 y 82% en el Rain Bird y Rain Man, en ese orden. Referente a la UD, para las mismas combinaciones tipo aspersor-altura y velocidades de viento mencionadas, las cifras mantuvieron la misma tendencia, pero con valores inferiores (Figura 1). Lo anterior permite sugerir que la uniformidad de aplicación del agua alcanza mayores valores cuando aumenta la altura de colocación de los aspersores, lo cual es debido a que a mayor altura el alcance del aspersor se incrementa. En este sentido, Faci *et al.* (2001) indicaron que el área mojada por un emisor ubicado a 2,5 m de altura es más grande que cuando se ubica a 1 m.

Las cifras de uniformidad encontradas en este trabajo están en el rango informado por otros

investigadores. Berenguer *et al.* (1997), en un estudio sobre variabilidad de la aplicación del agua en riego por aspersión, encontraron valores de CU entre 79 y 90% y de UD entre 72% y 85%; Tarjuelo (2005) indicó 79 y 64% para CU y UD, cuando usó aspersores de una boquilla; Jiménez (2008) reportó valores de CU entre 79 y 93%, y de UD entre 65 y 89% para el aspersor Rain Bird a 2 m de altura; Yacoubi *et al.* (2010) señalaron cifras de CU entre 54 y 81% para aspersores ubicados a 1 m de altura; mientras que Ortiz *et al.* (2012) encontraron valores de CU entre 76 y 91% y de UD entre 66% - 84% durante dos ciclos del cultivo de caraota regado con aspersores colocados a 1 m de altura.

En la Figura 2 puede observarse que los valores para CU y UD con el aspersor Rain Bird ubicado a dos metros de altura (RB2) fueron superiores (P<0,05) con respecto a los aspersores colocados a un metro de altura. No hubo diferencias (P<0,05) entre los valores de CU y UD obtenidos con el Rain Man a las dos alturas ensayadas (RM1 y RM2). En la figura 2, destacan valores excelentes

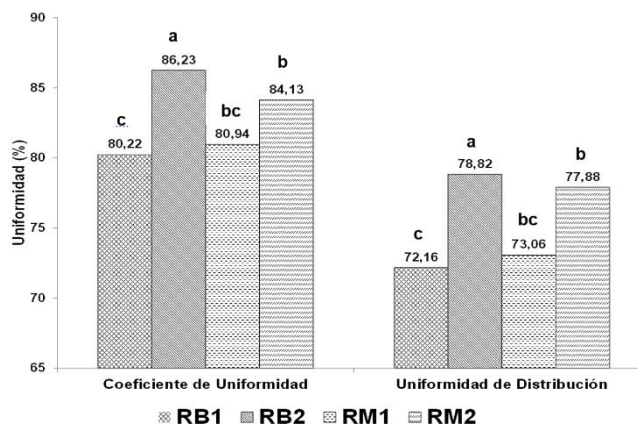


Figura 2. Coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución medio para los aspersores Rain Bird (RB1 y RB2) y Rain Man (RM1 y RM2) a las alturas de 1 y 2 m.

de CU en todas las combinaciones tipo de aspersor-altura, así como también cifras aceptables del parámetro UD, lo que indica que el riego es uniforme, ya que este índice considera el cuarto de superficie que menos agua recibe con respecto a la superficie total regada. Ortiz *et al.* (2012) estudiaron la uniformidad de aplicación del agua en superficie y en el perfil del suelo, encontraron UD de 66%, pero la UD de la humedad en el suelo después de ese riego fue 82%, valor que representa mejor la realidad desde el punto de vista de extracción de agua por los cultivos. Keller y Bliesner (1990) recomiendan valores de CU de al menos 85% para cultivos hortícolas de sistemas radicales superficiales (cebolla, zanahoria, pimentón); entre 75 y 83% en cultivos de raíces más desarrolladas (maíz, caña de azúcar, algodón) y superiores al 70% en cultivos leñosos (cítricos, aguacate, mango). Los valores de uniformidad obtenidos en esta investigación están en el orden de los sugeridos por estos autores, por tanto, según el criterio que precise el tipo de cultivo, se adaptará la combinación tipo de aspersor-altura que requiera cada caso.

### Pérdidas por evaporación y arrastre

En la Tabla 2 se muestra el análisis descriptivo de las variables cuantitativas medidas o calculadas durante las 40 pruebas realizadas, se presentan en conjunto debido que al realizar el análisis de varianza para las combinación de tipo de aspersor-altura de instalación no se encontraron

diferencias significativas en las pérdidas por evaporación y arrastre. Los valores mínimo y máximo de PEA fueron de 9,4 y 43,7%, respectivamente, con un coeficiente de variación de 36,3%, valor inferior al reportado por Tarjuelo *et al.* (2000) de 45,9%; Dechmi *et al.* (2003) encontraron valores mayores a 30% para velocidades del viento superiores a 5 m s<sup>-1</sup>; Martínez-Cob *et al.* (2005) hallaron pérdidas superiores a 20%. Jiménez (2008) encontró cifras en el intervalo 1 - 29% en sistema de aspersión de cobertura total; para este sistema Yacoubi *et al.* (2010) informaron pérdidas en el rango 13-37%; las magnitudes encontradas en este trabajo se ubican dentro del rango señalado por estos autores.

En la Tabla 3 se presenta la relación de las pérdidas por evaporación y arrastre con los factores climáticos. Se aplicó regresión múltiple, siguiendo regresión por pasos. Para el análisis de regresión, los datos se discriminaron por tipo de emisor y altura de instalación, y con todos los datos en conjunto. En la Tabla se exponen las ecuaciones que mejor ajuste presentaron para predecir PEA, puede observarse que en cada una de las combinaciones aspersor-altura, la pendiente o coeficiente de regresión y R<sup>2</sup> fueron significativos (P<0,001). El termino constante o intersección también resultó significativo (P<0,05) en todos los casos. Cuando se consideró únicamente la altura de instalación, la velocidad del viento explicó mejor la variabilidad de las pérdidas por evaporación y arrastre (P<0,001). El procedimiento de regresión realizado con todos los datos arrojó menor R<sup>2</sup> que con los datos separados por altura de instalación o por las combinaciones tipo de aspersor-altura de instalación. En RB1, la técnica estadística empleada incorporó la temperatura en el modelo; sin embargo, se prefirió tomar el modelo sólo con la velocidad de viento, debido a que presentó mayor valor para R<sup>2</sup>.

Aunque la velocidad del viento explicó en mayor proporción la variabilidad de las pérdidas por evaporación y arrastre, existen otros factores que influyen sobre el proceso, como la aleatoriedad de la dirección del viento o la distribución de tamaños de gota producida por cada tipo de emisor. Dechmi (2002) indica que rachas fuertes de viento en periodos cortos puede inducir a pérdidas por

**Tabla 2. Análisis descriptivo de PEA y de las variables climáticas.**

	PEA(%)	VV (m s <sup>-1</sup> )	T (°C)	HR (%)	(e <sub>s</sub> - e <sub>a</sub> ) <sup>0,5</sup> (kPa)
Media	26,34	2,59	29,95	59,34	1,09
Varianza	91,26	1,62	13,36	180,59	0,10
Desviación estándar	9,55	1,27	3,66	13,44	0,31
Mínimo	9,38	0,06	23,00	33,71	0,47
Máximo	43,68	4,52	37,71	87,71	2,08
Rango	34,30	4,46	14,71	54,00	1,61
Curtosis	-1,12	-0,71	-0,75	-0,98	1,93
CV (%)	36,27	49,08	12,21	22,64	28,49

PEA: pérdidas por evaporación y arrastre; VV: velocidad del viento; T: temperatura del aire; HR: humedad relativa; (e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>)<sup>0,5</sup>: déficit de presión de vapor del agua.

**Tabla 3. Ecuaciones de ajuste de PEA en función de tipo de aspersor-altura de instalación y combinaciones.**

Riego	Aspersor-Altura	PEA	R <sup>2</sup> (%)	EEE
Combinaciones	RB1	6,41* + 6,57***V	86,61***	3,26
	RB2	6,86* + 7,12***V	88,23***	3,56
	RM1	6,80* + 6,87***V	86,11***	3,91
	RM2	12,95*** + 7,43***V	88,97***	3,76
Por altura instalación	1 m	6,61** + 6,72***V	86,00***	3,45
	2 m	11,28*** + 6,70***V	77,25***	4,94
Todos	Todos	9,41*** + 6,53***V	75,64***	4,77

PEA = pérdidas por evaporación y arrastre; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; EEE = error estándar de la estimación; RB1 = aspersor Rain Bird a 1 m de altura; RB2 = aspersor Rain Bird a 2 m de altura; RM1 = aspersor Rain Man a 1 m de altura; RM2 = aspersor Rain Man a 2 m de altura; V = velocidad del viento (m s<sup>-1</sup>); \* = p<0,05; \*\* = p<0,01; \*\*\* = p<0,001.

evaporación y arrastre que no son explicadas por la velocidad promedio del viento. Playan *et al.* (2005), en un experimento sobre pérdidas diurnas y nocturnas, concluyeron que el viento fue la variable que mejor explicó las pérdidas por evaporación y arrastre.

### CONCLUSIONES

El coeficiente de uniformidad y la uniformidad de distribución del agua disminuyeron con el incremento de la velocidad del viento.

El coeficiente de uniformidad y la uniformidad de distribución del agua fueron superiores en el aspersor Rain Bird instalado a 2 m de altura.

No hubo diferencias en las pérdidas por evaporación y arrastre debido a la altura de instalación y tipo de aspersor.

La velocidad del viento explicó mejor las pérdidas por evaporación y arrastre, de acuerdo con modelo lineal con adecuada bondad de ajuste.

### REFERENCIAS

- Abo-Ghobar, H. 1992. Losses from low pressure center-pivot irrigation systems in a desert climate as affected by nozzle height. *Agricultural Water Management* 21: 23-32.
- Bellingham, B. 2015. Sensor based irrigation scheduling blueberries. *In*: Goyal, M (Senior editor-in-chief). *Sustainable micro Irrigation management for trees and vines*. Apple Academic Press, Oakville. ON, Canada. 250 p.
- Berenguer, M., Faci, J. y Martinez, A. 1997. Variabilidad del rendimiento del sorgo y del agua aplicada en una cobertura fija de riego por aspersión. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 12: 89-109.
- Brennan, D. 2008. Factors affecting the economic benefits of sprinkler uniformity and their implication for irrigation water use. *Irrig. Sci.* 26:109-119.
- Christiansen, J. 1942. *Irrigation by sprinkling*. University of California. Agricultural Experiment Station. Bulletin 670. 124 p.

- Dechmi, F. 2002. Gestión del agua en sistemas de riego por aspersión en el Valle del Ebro: análisis de la situación actual y simulación de escenarios. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. España. 217 p.
- Dechmi, F., Playan, E., Cavero, J., Faci, J. and Martínez-Cob, A. 2003. Wind effects on solid set sprinkler irrigation depth and yield of maize (*Zea mays*). *Irrig. Sci.* 22(2):67-77.
- Dechmi, F., Playan, E., Cavero, J., Martínez-Cob, A. and Faci, J. 2004. Couple crop and solid set sprinkler simulation model. I: Model development. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE, 130 (6): 499-510.
- Faci, J., Salvador, R., Playán, E. and Sourell, H. 2001. Comparison of Fixed and Rotating Spray Plate Sprinklers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*., ASCE. 127 (4): 224-236.
- Jiménez, M. 2008. La distribución del agua bajo riego por aspersión estacionario y su influencia sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis Doctoral. ETSIA, Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete-España. 152 p.
- Keller, J. and Bleisner, K. 1990. *Sprinkler and trickler irrigation*. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA. 280 p.
- Kincaid, D., Nabil, M. and Busch, J. 1986. Spray losses and uniformity with low pressure center pivot. *American Society of Agricultural Engineers*. Paper N° 86-2091.
- López, M., Mujica, A. y Duarte, L. 2011. Criterios sobre la formulación matemática para el cálculo de las pérdidas por evaporación y arrastre en emisores de baja presión. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 20 (2): 65-69.
- Lorenzini, G. 2002. Air temperature effect on spray evaporation in sprinkler irrigation. *Irrig. and Drain.* 51: 301-309.
- Martínez-Cob, A., Zapata, N., Sanchez, I., Salvador, R., Playan, E. y Faci, J. 2005. Variabilidad espacio-temporal de las pérdidas potenciales por evaporación y arrastre en el Valle Medio del Ebro. XXIII Congreso Nacional de Riegos. Elche, Alicante. España. pp 1-11.
- McLean, R., Sri Ranjan R. and Klassen, G. 2000. Spray evaporation losses from sprinkler irrigation system. *Canadian Agricultural Engineering* 42 (1): 1.1-1.15.
- Merriam, J. and Keller J. 1978. *Farm Irrigation System evaluation: a guide for management*. Utah State University, Logan, Utah, USA. 271 p.
- Montero, J., Tarjuelo, J. and Ortega, J. 2000. Heterogeneity analysis of the irrigation in fields with medium size sprinklers. *CIGR Journal*, Volume II. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1813/10207> [Consulta: abril de 2015].
- Montero, J., de Juan, Ortiz, J. y Tarjuelo, J. 2003. Efecto de la altura del emisor sobre la distribución de agua en equipos pivote y sobre el rendimiento de los cultivos. XXI Congreso Nacional de Riegos. Mérida. España. pp 137-140.
- Ortiz, J., Miranda, H. y Peroza, D. 2012. Distribución del agua bajo riego por aspersión y su efecto sobre el cultivo de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Científica UDO Agrícola* 12: 106-116.
- Osman, M., Hassan, S. and Yusof, K. 2014. Effect of combination factors operating pressure, nozzle diameter and riser height on sprinkler irrigation uniformity. *Advanced Research in Applied Mechanics* 2: 1-5.
- Playan, E., Salvador, R., Faci, J., Zapata N., Martínez-Cob A. and Sánchez, I. 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinklers solid-set and moving lateral. *Agricultural Water Management* 76: 139-159.

Salomon, K. 1979. Variability of sprinkler coefficient of uniformity-test result. Transactions of ASAE. 22(5): 1078-1086.

Salomon, K. 1984. Yield relate interpretations of irrigation uniformity and efficiency measures. Irrig. Sci. 5: 161-172.

Spurgeon, W., Thompson, T. and Gilley, J. 1983. Irrigation management using hourly spray evaporation loss estimates. American Society of Agricultural Engineers. Paper N° 83-2591.

Steiner, J., Kanemasu, E. and Clark, R. 1983. Spray losses and partitioning of water under a center pivot sprinkler system. Transaction of the ASAE. 26(4): 1128-1134.

Tarjuelo, J. 1999. El riego por aspersión y su tecnología. 2ª Edición revisada y ampliada. Ediciones Mundi Prensa. España. 569 p.

Tarjuelo, J. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. 3ª Edición revisada y ampliada. Ediciones Mundi Prensa. España. 581 p.

Tarjuelo, J., Ortega, J., Montero, J. and de Juan, J. 2000. Modelling evaporation and drift losses in irrigation with médium size impact sprinkler under semi-arid condition. Agr. Water Manag. 43: 263-284.

Trimmer, W. 1987. Sprinkler evaporation loss equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 113(4):616-620.

Yacoubi, S., Zayani, K., Zapata N., Zairi, A., Slatni, A., Salvador, R. and Playán, E. 2010. Day and night time sprinkler irrigated tomato: Irrigation performance and crop yield. Biosystem Engineering 107 (1): 25-35.

# **ANÁLISIS DE EFICIENCIA TÉCNICA CON VARIABLES DE ENTORNO EN UNIDADES LECHERAS\***

## **Analysis of efficiency with environment variables in units milkmaids**

Javier A. Herrera<sup>1</sup>, José Flores<sup>2</sup> y Anaí García<sup>3</sup>

### **RESUMEN**

Se evaluaron 30 vaquerías de una empresa pecuaria cubana desde la perspectiva de la eficiencia técnica, así como la influencia que sobre ésta ejercen algunas variables del entorno. Las variables se originaron de un análisis descriptivo y multivariante que incluyó un total de 18 variables, medidas durante el período 2006–2008. Se empleó un modelo de análisis envolvente de datos (DEA), cuyos inputs fueron: vacas totales y gastos totales del proceso productivo, y los outputs: producción de leche anual y nacimientos totales. La vaquería 1, de mayor producción, y la 23 resultaron las únicas eficientes en los 3 años de estudio. La eficiencia técnica pura reveló que las fincas ineficientes deberían incrementar su producción en 26 % (1/0,79) para llegar a ser técnicamente eficientes, con la misma cantidad de insumos o, por el contrario, reducir los insumos en 21 % (100 – 79,0). La eficiencia de escala mostró un valor de 0,87; lo que indicó que un 15% (1/0,87) de la producción se puede aumentar a partir de un ajuste de los procesos productivos de las entidades a su escala óptima. Las variables de entorno más relacionadas con la eficiencia técnica fueron las sociales, de manera que mayores niveles de capacitación (o formación académica) y de experiencia laboral contribuyen a optimizar este tipo de resultados de las vaquerías.

**Palabras clave:** eficiencia, producción de leche, DEA.

### **ABSTRACT**

Thirty dairy cattle from a Cuban company were evaluated from the perspective of technical efficiency as well as the influence that some environment variables perform about this. The variables originated from a descriptive and multivariate analysis that included a total of 18 variables measured over the period 2006-2008. A model of data envelopment analysis (DEA) was used, whose inputs were: total cattle and total costs of the production process and outputs: annual milk production and total births. The dairy number 1, of higher production, and the number 23 were the only efficient in the three years of study. Pure technical efficiency revealed that inefficient farms should increase production by 26% (1/0.79) to become technically efficient, with the same amount of inputs or, conversely, reduce inputs in 21% (100 - 79.0). Scale efficiency showed a value of 0.87, which it indicated that 15% (1/0.87) of production can be increased from an adjustment of production processes of the entities at its optimum level. The environment variables related to technical efficiency were social, so that higher levels of training (academic training) and work experience help optimize such results the dairies.

**Key words:** efficiency, milk production, DEA

---

(\*) Recibido: 05-12-2014

Aceptado: 16-07-2015

<sup>1</sup> Instituto de Ciencia Animal, Cuba. E-mail: [jherrera@ica.co.cu](mailto:jherrera@ica.co.cu)

<sup>2</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. [floresjoseovidio@gmail.com](mailto:floresjoseovidio@gmail.com)

<sup>3</sup> Escuela Nacional de Salud Pública, Cuba.

## INTRODUCCIÓN

En Cuba la producción de leche en el sector estatal en los últimos treinta años mantuvo un comportamiento decreciente en comparación con los rendimientos de la década de los ochenta del siglo pasado. Esta situación se presenta por diversas causas, entre las que se destacan: la poca disponibilidad de algunos de los recursos más importantes para alcanzar buenos resultados, afirmación que es comprobable si se considera que, hasta el año 1990, el país contó con una disponibilidad de insumos para la ganadería vacuna que osciló entre 769.000 y 992.000 t año<sup>-1</sup> de alimentos balanceados y 65.500 a 69.800 t de suplementos proteicos año<sup>-1</sup>. Sin embargo, los datos de 1999 mostraron una abrupta reducción de 68.200 t de piensos y 34.100 t de suplementos proteicos (Ponce 2009).

Por otra parte, en Cuba se observa una ausencia de mecanismos efectivos para la transferencia de tecnologías y la insuficiente disponibilidad de métodos para robustecer el proceso de toma de decisiones. En la actualidad, las empresas pecuarias presentan limitaciones en materia de análisis y evaluación, por ejemplo: los análisis retrospectivos que se utilizan se basan únicamente en los balances anuales, son puramente descriptivos y univariados, no se realizan análisis prospectivos, tampoco existe un personal motivado y capacitado técnicamente para aplicar métodos y procedimientos en este sentido. Lo anterior constituye un elemento que actúa en contra de la productividad y la eficiencia de los sistemas de producción lechera.

En estas condiciones es importante aplicar herramientas y procedimientos científicos para analizar, evaluar y optimizar el proceso productivo de la empresa lechera, lo que contribuirá a hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles y, por ende, aumentar la producción.

Existen referencias sobre el empleo de la técnica Análisis Envolvente de Datos (DEA) para el análisis de sistemas lecheros, en especial en el entorno internacional. En Cuba existe un antecedente de este trabajo en la provincia de Villa Clara (Martínez 2009). En el ámbito internacional vale

mencionar lo referido por Flores y Zambrano (2011), quienes sostienen que el DEA tiene implícito un enfoque de referencia de gran utilidad para la planificación agraria, que permite establecer metas para las fincas ineficientes, con base en los niveles de insumos o de producción necesarios para alcanzar la frontera eficiente e imitar, en lo posible, las prácticas de las fincas líderes (eficientes) que, a su vez, sirve como referencia para sentar las bases de un adecuado programa de transferencia de tecnología.

Por otra parte, conocer la eficiencia con que operan las empresas lecheras por parte de sus directivos es de suma importancia para corregir, mejorar o mantener el funcionamiento de sus pequeñas unidades (Arzubi y Berbel 2002; Urdaneta *et al.* 2010). Sin embargo, con frecuencia los procedimientos instrumentados no facilitan un estudio de eficiencia económica integral. De ahí la necesidad de desarrollar procedimientos alternativos que impliquen complementación entre los análisis técnicos y económicos, de forma tal que se contribuya a ampliar la capacidad de estudiar los sistemas productivos, comenzando con el establecimiento de análisis comparativos que permitan fijar metas individuales con mayor objetividad y posibilidades de perfeccionamiento, lo que posibilitará conocer las potencialidades reales de las unidades lecheras en cuanto al aprovechamiento de los insumos y fuerza de trabajo (Barrios 2008). Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar la eficiencia técnica con variables de entorno en unidades lecheras de una empresa pecuaria cubana.

### **Eficiencia técnica y variables de entorno**

#### **Eficiencia. Definiciones conceptuales**

Koopmans (1951) avizoró que una combinación factible de recursos y productos es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún producto o reducir algún insumo, sin reducir simultáneamente, al menos, otro producto o aumentar al menos otro insumo.

Debreau (1951) se basó en la construcción de un índice de eficiencia técnica, llamado “coeficiente de utilización de los recursos”,

definido como “la unidad menos la máxima reducción equiproporcional en todos los insumos para un nivel dado de producción”; además, planteó una definición para cuantificar la eficiencia basándose en una razón de distancias. Esta razón proporciona información de cómo la situación obtenida en una economía se aleja de la óptima, y se considera aquella en la que fuera imposible aumentar la satisfacción de algún individuo sin disminuir la de otros.

Pareto, citado por Coll y Blasco (2006) proporcionó nuevos criterios para evaluar la eficiencia, y planteó que “una asignación de recurso A es preferida a otra B, si, y solo si, con la segunda, al menos algún individuo mejora y nadie empeora”. La eficiencia de Pareto está basada en criterios de utilidad, ya que si algo genera provecho, comodidad, fruto o interés sin perjudicar a otro, se entiende que provocará un proceso natural de optimización hasta alcanzar el punto óptimo.

Basado en los preceptos de Koopmans (1951) y Debreau (1951), Farrell (1957) dividió, por primera vez, el concepto de eficiencia productiva en dos componentes: técnica y asignativa. Además, desarrolló un método para el cálculo empírico con el objetivo de medir la eficiencia relativa de un conjunto de empresas.

Acerca de la eficiencia técnica y asignativa, Farrell (1957) desglosó una formulación más amplia para ambos casos. En el primer término se refiere a la “capacidad de una empresa para obtener el máximo nivel de producción dado un conjunto de insumos, o bien, a partir de un nivel dado de productos, y obtenerlos con la menor combinación de insumos”. En cuanto a la eficiencia asignativa, se refiere a la habilidad de una empresa para utilizar los factores en proporciones óptimas, dados los precios de éstos para, finalmente, obtener la máxima cantidad de productos, con un determinado nivel de producción, considerando el menor costo posible.

Además, este autor planteó eficiencia global o eficiencia económica, considerando los dos tipos de eficiencia referidos, de manera que

este tipo de eficiencia se define como el producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa (Farrell 1957).

En el caso de la eficiencia técnica, otros teóricos también ofrecieron sus postulados, como en el caso de Banker *et al.* (1996), quienes afirmaron que está compuesta por la “eficiencia técnica pura” y la “eficiencia técnica de escala”. La primera se refiere a la utilización óptima de factores productivos, mientras que la segunda mide el grado en que una finca opera en la dimensión óptima (considera el tamaño de la explotación), y está asociada a la existencia de rendimientos variables a escala.

Conceptos más recientes de eficiencia fueron plasmados por diversos autores. García (2002) estableció que la eficiencia es un concepto relativo que se obtiene por comparación con otras alternativas posibles, considerando los recursos empleados en la obtención de los resultados. A su vez, Aguirre *et al.* (2007) resumieron el término como el grado de bondad y optimización alcanzado en el uso de los recursos. Barrios (2008) consideró la eficiencia técnica como la capacidad que tiene una organización para lograr una relación óptima entre los recursos empleados en el proceso productivo y la producción obtenida, a partir de la tecnología disponible. Esta relación está dirigida a producir la máxima cantidad posible, dada una disponibilidad de recursos o, alternativamente, a utilizar la menor cantidad de recursos para alcanzar una producción determinada. Finalmente, Eagles *et al.* (2010) planteó que la eficiencia es hacer el mejor uso de los recursos disponibles o, también, la capacidad de actuar o producir con eficacia empleando para ello la menor cantidad de recursos posible, o la menor cantidad de residuos, gastos o esfuerzos innecesarios.

### **Análisis Envoltente de Datos**

Constituye una metodología utilizada para la medición de eficiencia comparativa (relativa) de explotaciones con una misma finalidad (racionalidad) económica. En este caso se considera a las fincas como unidades tomadoras de decisiones



o DMU's (*Decisión Making Units* en la terminología habitual). Tiene como punto de partida a los insumos y productos, suministra un ordenamiento de los agentes y les otorga una puntuación de eficiencia relativa. Así, los agentes reconocidos como los más eficientes serán aquellos que obtengan el mayor nivel de producción con la menor cantidad de insumos y, por tanto, mostrarán la puntuación más alta, en un modelo orientado a los productos (Flores y Zambrano 2010). De esta manera el DEA constituye una herramienta para mejorar la competitividad y sostenibilidad de la actividad ganadera (Morantes *et al.* 2014).

El DEA constituye una metodología de puntos extremos, que se basa en la posibilidad teórica de combinar las mejores características de dos o más fincas, para lograr una finca "virtual" eficiente. Cuando se escogen dos fincas con distintos niveles de insumos y de producción, el DEA infiere que la primera puede modificar su proceso productivo, hasta alcanzar los resultados de la segunda, y viceversa. Además, realiza un proceso de optimización para cada finca puesta a prueba. Para ello, construye un conjunto de referencia (*peer* o finca virtual). Si esta explotación "virtual" obtiene rendimientos superiores con menos insumos, o si logra la misma producción con menos insumos, la finca considerada será ineficiente. Si el estudio concluye de manera satisfactoria, el modelo compara la finca con ese conjunto de referencia y otorga la puntuación, que estará acotada entre 1 y 0 (100% y 0%). Una finca eficiente obtendrá un puntaje de 1 ó 100% (Gamarra 2004, Ribas *et al.* 2006), lo cual indica que está en la frontera de producción. Valores por debajo de 1 indican que está debajo de la frontera de producción y por tanto, es ineficiente, así por ejemplo, un valor de 0,80 (80%) mostrará que la finca presenta una ineficiencia de 0,20 (1-0,80) y deberá elevar sus niveles de cada producto en 1/ETG o 1/EPP (según el caso) para convertirse en eficiente (en este caso  $1/0,80 = 1,25$ ), de manera que si la finca produce 1.000 L de leche, deberá lograr una meta de 1.250 L para ser eficiente.

Los modelos DEA se clasifican básicamente en función de (Coll y Blasco 2006):

- Tipo de medida de eficiencia que

proporcionan: radiales y no radiales

- La orientación del modelo: a) Orientado a los insumos (busca minimizar los recursos aplicados), b) orientado a los productos (maximiza los productos) y c) insumo – producto orientado (combinación de los dos anteriores).
- La tipología de los rendimientos que caracterizan a la tecnología de producción, entendida como la forma (procedimientos técnicos) en que los factores productivos (insumos) se combinan para obtener un conjunto de productos, del tal forma que esa combinación se pueda caracterizar por existencia de rendimientos a escala: constante o variable a escala.

Según Charnes *et al.* (1981), la eficiencia se puede caracterizar con relación a dos orientaciones o direcciones básicas:

- Orientado a insumos, que busca, dado el nivel de productos, la máxima reducción proporcional en el vector de insumos, mientras permanece en la frontera de posibilidades de producción. Una finca no es eficiente si es posible disminuir cualquier insumo sin alterar sus productos.
- Orientado a productos, que pretende, dado el nivel de insumos, el máximo incremento proporcional de los productos, permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. En este sentido una finca no se puede caracterizar como eficiente si es posible incrementar cualquier producto sin incrementar insumo alguno y sin disminuir otro producto. Con las orientaciones definidas anteriormente una unidad será considerada eficiente sí y sólo si no es posible incrementar las cantidades de insumos empleados, sin alterar las cantidades de productos obtenidos (Charnes *et al.* 1981).

Cabe destacar, de manera sintetizada, que el modelo con orientación a los insumos da una visión de cómo se están subutilizando los

insumos; mientras que el modelo orientado a los productos mide en cuánto se podría incrementar la producción con esos insumos. En consecuencia con los criterios anteriores, es válido afirmar que, para el caso de Cuba, los modelos en la mayoría de los casos deben ir orientados a los productos, pues el mercado absorbe cualquier aumento de éstos.

Otro aspecto importante radica en la tipología de los rendimientos de escala que se asuma en el modelo. Según Arellano y Cortés (2010), cuando se calculan los índices de eficiencia técnica relativa, con base en un modelo de DEA, con rendimientos constantes a escala (RCE), los conceptos de productividad y eficiencia son equivalentes. Por el contrario, cuando se trabaja con rendimientos variable a escala, el concepto de eficiencia corresponde al de eficiencia técnica pura.

Para evaluar la eficiencia de un conjunto de unidades es necesario identificar la tipología de los rendimientos a escala que caracterizan a la tecnología de producción. Los rendimientos a escala, que indican los incrementos de la producción que resultan del incremento de todos los factores de producción en el mismo porcentaje, pueden ser constantes o variables (crecientes o decrecientes).

- Rendimientos constantes a escala: cuando el incremento porcentual de los productos es igual al incremento porcentual de los insumos. Se mide con el modelo denominado DEA-CCR, debido a que fue desarrollado por Charnes *et al.* (1978).
- Rendimientos crecientes a escala (economía de escala): cuando la tecnología presenta mayor incremento porcentual de los productos en comparación con el incremento porcentual de los insumos
- Rendimientos decreciente a escala o deseconomías de escala: se está en presencia de esta tipología cuando el incremento porcentual de los productos es menor que el incremento porcentual

los insumos. Estos dos últimos tipos de rendimiento corresponden al modelo DEA-BCC, por sus autores (Banker *et al.* 1996).

La eficiencia, según el trabajo pionero de Farrell (1957), se enfoca en dos direcciones: eficiencia técnica, que refleja la habilidad de obtener el máximo de producción para un nivel de insumos, o minimizar los niveles de recursos para determinada producción a obtener; y eficiencia asignativa, que representa la habilidad de una empresa para utilizar los insumos en una proporción óptima, considerando los precios de los productos. Estos dos conceptos combinados constituyen la eficiencia económica.

Coelli (1996) sostuvo que los métodos para estimar la eficiencia se pueden dividir en dos: métodos paramétricos, que estiman una frontera estocástica por técnicas econométricas; y métodos no paramétricos, como el DEA, que se basa en la resolución de un modelo por programación lineal.

Por su parte Flores y Zambrano (2011) sostienen que el DEA tiene implícito un enfoque de referencia de gran utilidad para la planificación agraria, que establece metas para las fincas ineficientes con base en los niveles de insumos o de producción necesarios para alcanzar la frontera eficiente e imitar en lo posible, las prácticas de las fincas líderes (eficientes) que a su vez, sirve como referencia para sentar las bases de un adecuado programa de transferencia de tecnología.

### **Variables de entorno**

Según Dios-Palomares *et al.* (2006), se vienen desarrollando métodos de estimación de eficiencia que tienen en cuenta la presencia de factores externos al proceso de producción, los llamados factores de ambiente o entorno, y que son incontrolables por parte de los responsables de las unidades de gestión. Esto supone, desde el punto de vista de la especificación del proceso generador de datos, que, además de los inputs convencionales, hay que considerar otras variables que influyen en los outputs, pero sobre las cuales no se tiene control, y por este motivo son denominadas también

variables o factores exógenos. Estos factores responden al hecho de que existen circunstancias particulares, que provocan que la frontera no sea común a todas las unidades. La realización de un análisis sin tener esto en cuenta daría lugar a que empresas que no llegan a la frontera por imperativos de su entorno, son calificadas como ineficientes.

Son aquellas variables no controlables a corto plazo, que inciden en distintos niveles de eficiencia, y por tanto, en distintas fronteras. La no consideración de estas variables en el estudio de eficiencia provoca que se le asignen a las empresas más perjudicadas por el entorno unos objetivos que nunca podrían conseguir con sus medios actuales. Esto resulta en índices de eficiencia irreales y el planteamiento de políticas de mejora inalcanzables (Dios-Palomares *et al.* 2006).

Se pueden considerar variables de entorno de dos tipos. El primero lo forman aquellas variables que toman un valor cuantitativo y además con la circunstancia particular de que para cada unidad de decisión puede tomar un valor diferente. Es el caso de variables económicas en aplicaciones a la banca (Lozano *et al.* 2002), variables indicativas de tamaño, o las que miden características propias del entorno familiar en aplicaciones de educación (López-Torres y Prior 2013). En este último caso, es frecuente que el número de variables exógenas en el modelo sea elevado y se sustituyan por sus componentes principales. En el segundo tipo, la variable es categórica y divide la muestra total en pocas submuestras correspondientes a distintos entornos de producción, que dan lugar a diferentes productividades. No hay un orden de magnitud entre las distintas categorías. Ejemplos de variables categóricas serían los que resultan de la distinción dicotómica entre empresa pública y privada o entre actividades agrarias en secano y regadío, o la diferenciación entre varios marcos legislativos o diferentes regiones.

### **Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples**

De acuerdo con Miranda (2011), el Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples es un método análogo al Análisis de Componentes Principales que, se empleó para el tratamiento de

variables cualitativas del entorno de las fincas. Al igual que en Componentes Principales, se construyen nuevas variables, pero con la peculiaridad de que se construyen como combinaciones lineales de las categorías de las variables iniciales. Los coeficientes para la formación de las nuevas variables o componentes se calculan a partir de la diagonalización de matrices de perfiles o tablas de contingencia.

Entre las ventajas del método, se puede citar que hacer una representación gráfica, en un mismo plano, de los individuos y las categorías de las variables, lo cual permite estudiar el comportamiento de los individuos por su proximidad con determinada categoría dentro de una variable.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en una empresa pecuaria, situada al centro de la provincia Mayabeque, en el municipio San José de las Lajas, Cuba en un clima tropical húmedo, que presenta 1.426,66 mm de precipitación; 24,22 °C de temperatura y 77,63 % de humedad relativa.

Se incluyeron 18 variables referentes al desempeño productivo y económico, las cuales se seleccionaron de las 30 vaquerías (54 % del total) que disponían de información suficiente y confiable.

Para el análisis discriminante se formaron a priori, con un corte transversal, tres grupos de vaquerías, según el nivel de producción de leche total en el año (alto, medio y bajo). El período analizado fue de 2006 a 2008. Se empleó un cuestionario semi-estructurado para recabar la información del sistema productivo y el procesamiento de los datos fue en forma de panel, no obstante los resultados se presentan tipo corte transversal.

Las variables del modelo DEA se seleccionaron según el poder discriminante que mostraron. Como insumos se utilizaron las vacas totales y los gastos totales del proceso productivo, y como productos se consideraron la producción anual de leche expresada en litros (variable discriminante) y los nacimientos de becerros

(Herrera *et al.* 2010). Las variables que se clasificaron como de entorno fueron: nivel de capacitación de los obreros que se categorizó en función de la cantidad de actividades de capacitaciones recibidas en los últimos 5 años, por los obreros de cada vaquería. En términos unitarios se consideró una actividad de capacitación como una sesión de formación académica recibida durante 8 horas. En este sentido los niveles fueron: bien capacitados (más de 5), capacitados (5-3) y deficientemente capacitados (menos de 3). La variable años de experiencia se categorizó con el criterio de mucha experiencia (más de 15 años de trabajo en el sector), experiencia (5 – 14) y poca experiencia (menos de 5). Las razas se clasificaron de acuerdo al codificador de raza y cruzamiento (López y Rivas 1993). El tipo de suelo se categorizó según la clasificación de Hernández *et al.* (1999). Se seleccionó sin restricciones. El nivel de producción de leche se estableció según la cantidad producida por cada vaquería en el trienio, el cual se organizó en orden descendente. La variable nivel de eficiencia se construyó según los resultados de los índices de eficiencia técnica global para cada entidad.

Se consideró la utilización de dos insumos ( $x_1, x_2$ ) y dos productos ( $y_1, y_2$ ), por tanto el modelo orientado a producto y con rendimientos variables a escala (Modelo BCC), destinado a calcular la eficiencia de la  $j$ -ésima finca del conjunto de fincas estudiado fue (Banker *et al.* 1984):

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{i=1}^2 u_i x_{ij} \\ & \text{s. a.} \quad \sum_{k=1}^2 v_k y_{kj} = 1 \\ & \sum_{l=1}^2 u_l x_{ls} - \sum_{r=1}^2 v_r y_{rs} \geq 0, \quad s = 1, 2, \dots, N \\ & u_l, v_l \geq \varepsilon > 0; \quad l = 1, 2; \quad r = 1, 2 \end{aligned}$$

Donde:

El subíndice “s”, denota a la finca cuya eficiencia se evalúa.

$y$  = vector de productos.

$x$  = vector de insumos.

$u$  = vector de ponderaciones que representan el “precio” asignado a cada uno de los insumos de la finca a evaluar.

$v$  = vector de ponderaciones que representan el “precio” asignado a cada uno de los productos de la finca a evaluar.

$\varepsilon$  = es un infinitesimal no-arquimedeano constante, por lo general del orden  $10^{-5}$  ó  $10^{-6}$ . Tales restricciones garantizan que el denominador del índice de eficiencia nunca sea nulo y, también, que cualquier variable (insumo y producto) sea siempre tenida en cuenta en la evaluación de la eficiencia de la finca.

Cuando el valor de la función objetivo es igual a 1 y todos los multiplicadores son estrictamente positivos, se puede afirmar que la  $j$ -ésima finca es eficiente y, en caso contrario, se considera ineficiente. De manera que un valor de eficiencia de 1 (ó 100%) indica que la finca está ubicada en la frontera de producción y, por ello, presenta el mejor desempeño (el óptimo) del grupo comparado. Por el contrario, una finca con un valor por debajo de 1, por ejemplo de 0,8 indicaría que su eficiencia es de 80% y su ineficiencia de 20%. Por otro lado, es muy sabido que todo programa lineal original (primal) tiene otro programa lineal asociado, denominado dual, que puede ser utilizado para estimar la solución del problema primal, y que se conoce como la versión envolvente. En el presente caso es:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\phi, \lambda, s_r^+, s_r^-} g_j = \phi_j + (\varepsilon \sum_{r=1}^2 s_r^+ + \varepsilon \sum_{l=1}^2 s_l^-) \\ & \text{s. a.} \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i x_{li} + s_l^- = x_{lj}, \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i y_{ri} - s_r^+ = \\ & \quad \phi_k y_{rj}, \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad \lambda, s_r^+, s_r^- > 0, \quad l=1,2; \quad r=1,2 \end{aligned}$$

La resolución de este programa para la  $j$ -ésima finca arrojará un índice de eficiencia ( $\phi$ ), las fincas que son referencia de la misma frontera ( $i$  tales que  $\lambda_i \neq 0$ ) y si se generan holguras ( $s_r^+, s_r^-$ ) en algunas de las restricciones. Según esta fórmula, la  $j$ -ésima finca será eficiente cuando  $\phi=1$  y todas sus holguras sean iguales a cero.

Se estimaron la eficiencia técnica global (ETG), la eficiencia técnica pura (ETP) y eficiencia de escala (EE). La ETP fue estimada según el programa matemático indicado. La ETG corresponde al modelo de rendimientos a escala y la

EE es una relación entre ambas medidas, de manera que la ETG se obtiene por la fórmula siguiente:

$$ETG = ETP \times EE$$

En el análisis de correspondencias múltiples (ACM) los datos fueron ordenados en una tabla **Z**, denominada tabla disyuntiva completa, la cual se describe a continuación (Zárraga y Goitisoló 2008):

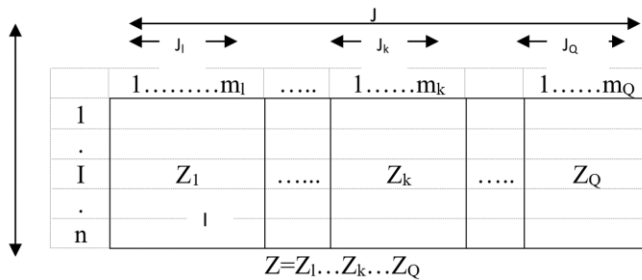
$I=1, \dots, i, \dots, n$  = conjunto de individuos (en filas)

$J_1, \dots, J_k, \dots, J_Q$  = conjunto de variables o caracteres cualitativos (en columnas)

$1, \dots, m_k$  = conjunto de modalidades excluyentes para cada carácter cualitativo.

$$J = \sum_{k=1}^Q m_k = \text{número total de modalidades}$$

La tabla disyuntiva completa **Z** de dimensiones  $I \times J$  tiene el siguiente aspecto:



$$Z_{ij} = k_{ij} = 0 \text{ ó } 1$$

$K_{i.} = \sum_j K_{ij} = Q$  = número de modalidades, cada subtabla tiene un único 1 en cada fila.

$K_{.j} = \sum_i K_{ij}$  = número de individuos que poseen modalidad  $j$   
 $f_{ij}/f_{i.} = k_{ij}/k_{j.} = 1/Q$  = inverso del número de modalidades (0 si el individuo no elige  $j$ )

Se utilizó el software Win4deap versión 2.1 (Coelli 1996) para la estimación de los diferentes índices de eficiencias. Posteriormente, se empleó el software Infostat (2001), versión 1.0, para determinar la correspondencia entre las variables de entorno, el nivel de producción de leche anual y de eficiencia de las vaquerías, en función de la proximidad de las modalidades de las variables en el gráfico del ACM.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices de eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala (Tabla 1), permitieron el examen individual de todas las vaquerías. La vaquería N°1, de mayor producción y la N°23 (solo en EE) resultaron las únicas eficientes en los tres años de estudio. La N°1 que presentó mejor desempeño productivo en correspondencia con los niveles de insumos utilizados, mayor producción de leche, 89 % de natalidad y sus gastos totales estuvieron por debajo de la media, presentó valor de 1 en todos los índices de eficiencia, lo que indicó que tuvo un tamaño o escala óptima; además, no presentó ineficiencias técnicas, por lo cual no requiere incrementar su producción. Cabe señalar que aunque la vaquería 23 se ubicó en el grupo de menor productividad mostró mejor valor de ETP que el resto. Esto se debió, entre otros factores, a que

**Tabla 1. Índices de eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala para 30 vaquerías en el trienio 2006-2008.**

Vaquerías Grupo I	Índice de eficiencia			Vaquerías Grupo II	Índice de eficiencia			Vaquerías Grupo III	Índice de eficiencia		
	ETG	ETP	EE		ETG	ETP	EE		ETG	ETP	EE
1	1,00	1,00	1,00	11	0,76	0,80	0,96	21	0,57	0,61	0,94
2	0,80	0,87	0,92	12	0,71	0,75	0,94	22	0,72	0,93	0,77
3	0,82	0,93	0,89	13	0,83	0,87	0,96	23	0,75	1,00	0,75
4	0,73	0,85	0,86	14	0,82	0,84	0,98	24	0,51	0,66	0,77
5	0,72	0,87	0,83	15	0,81	0,83	0,98	25	0,48	0,57	0,84
6	0,82	0,90	0,91	16	0,73	0,77	0,95	26	0,62	0,81	0,76
7	0,75	0,85	0,88	17	0,74	0,82	0,90	27	0,54	0,66	0,82
8	0,65	0,82	0,79	18	0,60	0,67	0,90	28	0,55	0,82	0,67
9	0,71	0,76	0,93	19	0,57	0,70	0,81	29	0,51	0,69	0,74
10	0,87	0,88	0,99	20	0,72	0,76	0,95	30	0,36	0,43	0,83
<b>Promedio</b>	0,78	0,87	0,90	<b>Promedio</b>	0,72	0,78	0,93	<b>Promedio</b>	0,56	0,71	0,78

ETG= eficiencia técnica global    ETP= eficiencia técnica pura    EE= eficiencia de escala

con un número menor de vacas (46) obtuvo una producción superior con respecto a otras con similar o superior cantidad de vacas. Asimismo, los gastos totales fueron 10% menores que el promedio de la muestra, aunque presentó ineficiencias de escala de operación ( $EE = 0,75$ ), pero no técnicas ( $ETP = 1$ ), por ello, es más importante en ese caso, mejorar los rendimientos en cuanto a la escala, que mejorar la tecnología (Flores y Zambrano 2010).

En cuanto a las vaquerías de peores índices como la número 30, cuyo índice de ETP fue el más bajo y, por tanto, el más alejado de 0,81, valor considerado por Arellano y Cortés (2010) como potencialmente factible para alcanzar en este tipo de eficiencia; razón por la cual, la dirección de la unidad lechera deberá elevar sus niveles de eficiencia. Las diferencias que se observaron en todos los índices en las vaquerías analizadas indicaron las condiciones en términos de eficiencia relativa de la empresa.

El resumen estadístico descriptivo de los tipos de eficiencia (Tabla 2) reflejó que la ETG media fue 0,69; lo que implica que técnicamente, las vaquerías pudieron producir la misma cantidad de leche y nacimientos con el 69 % de los gastos totales y vacas totales, lo cual representaría un margen de ahorro de 31% de los insumos (Navarro y Torres 2011), en condiciones agroecológicas normales. En tanto, la ETP reveló que las fincas ineficientes deberían incrementar su producción en 26,6 % (1/0,79) para llegar a ser técnicamente eficientes, con la misma cantidad de insumos o, por el contrario, reducir los insumos en 21,0 % (100 – 79,0) sin cambios en los niveles productivos reportados. La eficiencia de escala mostró valores superiores al resto con 0,87; lo que indicó que un 15,0% (1/0,87) de la producción se puede aumentar a partir de un ajuste de los procesos productivos de las entidades a su escala óptima. La desviación típica no fue alta en

**Tabla 2. Estadística descriptiva de los tres tipos de eficiencia.**

Estadísticos	Tipo de eficiencia		
	ETG	ETP	EE
Máximo	1,00	1,00	1,00
Mínimo	0,35	0,43	0,67
Media	0,69	0,79	0,87
Desviación típica	0,13	0,12	0,08

ETG= eficiencia técnica global      ETP= eficiencia técnica pura  
EE= eficiencia de escala

ninguno de los índices, lo que evidencia un sistema productivo relativamente homogéneo. Estos valores fueron similares a los reportados en otros países (Silva *et al.* 2004, Angón *et al.* 2014).

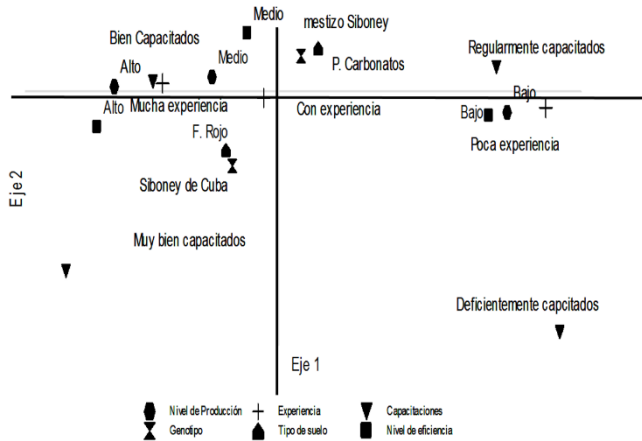
En la Tabla 3 se muestran los estadígrafos del modelo de análisis de correspondencias múltiples, según los valores del Alfa de Cronbach, los autovalores y la inercia, es suficiente con las dos primeras dimensiones, ya que explican el 82,71% de la varianza total.

**Tabla 3. Resumen del modelo de análisis de correspondencias múltiples.**

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada		
		Autovalores	Inercia	Varianza
1	0,82	3,16	0,53	52,76
2	0,53	1,80	0,30	29,95

Los resultados del análisis de correspondencias múltiples (Figura 1) indicaron, en primer lugar, que existió correspondencia entre las variables nivel de producción de leche y nivel de eficiencia, por tanto, en un alto porcentaje de los casos, las vaquerías de mayor nivel de producción presentaron mayor nivel de eficiencia; lo cual demuestra la existencia de economías de escala en el sistema productivo estudiado. Las vaquerías de alto y medio nivel de eficiencia presentaron mayor correspondencia con el mejor nivel de capacitación de sus obreros y con su mayor experiencia laboral, en comparación con las vaquerías de bajo nivel de eficiencia; contrariamente, la correspondencia entre las vaquerías de baja eficiencia y los productores regularmente capacitados y con poca experiencia fue mayor, resultado que concuerda con los reportados por otros autores (Castro 2009; Machado *et al.* 2009; Aviles *et al.* 2010), quienes informaron que las variables sociales juegan un papel determinante en los rendimientos productivos de las vaquerías.

El tipo de suelo no presentó fuerte correspondencia con el nivel de eficiencia y producción, lo que concuerda con lo encontrado por Ruíz (2001). En cuanto al genotipo, la ubicación en el plano de las dos categorías utilizadas, tampoco evidenció correspondencia con la eficiencia.



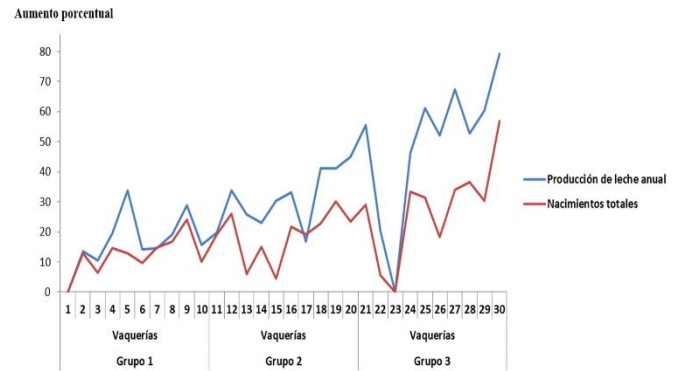
**Figura 1. Representación espacial de la correspondencia de las variables de entorno, producción de leche y nivel de eficiencia de las vaquerías.**

Como en la modelación se asumieron rendimientos variables a escala, se utilizó el índice ETP para formular un plan de mejoramiento de las vaquerías. Con un enfoque de referencia (Benchmarking) se establecieron las metas para las fincas técnicamente ineficientes, con base en los niveles de producción necesarios para alcanzar la frontera eficiente, con sus respectivos niveles de insumos.

Con este análisis se proponen las metas de producción correspondientes, con excepción de las vaquerías 1 y 23, que resultaron técnicamente eficientes, aunque en la vaquería 23 los resultados indicaron que, a pesar de haber alcanzado la eficiencia técnica pura, su desempeño desde el punto de vista integral no fue notorio, lo que indica que es necesario establecer un plan de producción que propicie el mejoramiento de la eficiencia de escala.

En la Figura 2 se visualiza el comportamiento de las vaquerías según el análisis de metas productivas, por ejemplo, la vaquería 2 que produjo anualmente 83.362,35 L de leche y 68 nacimientos, debería elevar esas cantidades a 96.381,55 (13,50 %) y 78 (12,82 %), respectivamente; para que sea técnicamente eficiente y alcanzar una adecuada relación insumo-producto.

En algunas unidades los niveles de producción propuestos por el modelo como metas no son elevados, lo que se debe a que se estiman con base



**Figura 2. Aumento porcentual de los productos según la propuesta de mejora.**

en un óptimo relativo; por tanto, los nuevos objetivos o planes de producción se plantearon en función de los resultados de las vaquerías de mejor comportamiento, esta situación se presentó con mayor claridad en las vaquerías de peores resultados (28; 29 y 30). En este sentido es importante destacar que este tipo de enfoque es más práctico que los utilizados regularmente en la actualidad, ya que las propuestas de mejoras serán más objetivas, aspecto que constituye una ventaja para la planificación en las empresas agropecuarias.

En términos globales, la producción de leche anual se puede elevar de 1.522.590,69 a 1.987.662,63 L (23,39 %), mientras que los nacimientos de 1.498 deberán aumentar a 1.839 becerros (18,54 %), al tiempo que se mantienen igual los niveles de insumos que se emplearon en las vaquerías. Obviamente, estas metas están condicionadas por la interacción de las variables climáticas, genéticas y sociales, entre otras (Flores y Zambrano 2010).

## CONCLUSIONES

El promedio de los índices de eficiencia global, técnica pura y de escala fue 0,69; 0,79 y 0,87; respectivamente, para el grupo de vaquerías estudiadas. Las metas de producción de las vaquerías ineficientes, en función de la eficiencia técnica pura, indicaron que estas debieron producir globalmente 2.120.541 L de leche y 1.839 becerros

para convertirse en eficientes. La eficiencia de escala indicó que 15% (1/0,87) de la producción se puede aumentar a partir de un ajuste de los procesos productivos de las entidades a su escala óptima. Así pues, el DEA constituye una herramienta importante que permite cuantificar, de manera individual y general, las ineficiencias con el propósito de formular planes de mejora desde la perspectiva del Benchmarking.

El análisis de correspondencia múltiple indicó que existen economías de escala, por lo cual el tamaño de la explotación es una variable relevante en los procesos de planificación de las vaquerías.

Las variables de entorno más relacionadas con la eficiencia técnica fueron las sociales, mayores niveles de capacitación (o formación académica) y de experiencia laboral contribuyen a optimizar este tipo de resultados de las vaquerías.

## REFERENCIAS

- Aguirre, M., Herrera, R. y Bravo, G. 2007. Análisis comparativo de eficiencia técnica entre la banca chilena y alemana. *Revista de Matemática Teoría y Aplicaciones* 14(2): 203-219.
- Angón, E., Pacheco, H., Perea, J., Barba, C. y García, A. 2014. Evaluación de la eficiencia técnica en vacuno de leche, caso de la comarca de Los Pedroches (Córdoba): resultados preliminares. *In Memoria Simposio VI Congresos de Eficiencia y Productividad*. Universidad de Córdoba, Córdoba. pp. 1-9.
- Arellano, C. y Cortés, F. 2010. Análisis de la eficiencia técnica relativa de la agroindustria azucarera: El caso de México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 14(26): 202-213.
- Arzubi, A. y Berbel, J. 2002. Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires. *Revista Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animal* 17(12): 104-123.
- Aviles, J., Escobar, P. y Vaon, G. 2010. Caracterización productiva de explotaciones lecheras empleando metodologías de análisis multivariado. *Revista Científica, FCU-LUZ* 20(1): 74 – 80.
- Banker, R., Charnes, A. and Cooper, W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in DEA. *Management Science* 30(9): 1.078-1.092.
- Banker, R., Chang, H. and Cooper, W. 1996. Equivalence and implementation of alternative methods for determining returns to scale in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research* 89: 473–481.
- Barrios, G. 2008. Análisis de la eficiencia Técnica en UBPC cañeras en la provincia Villa Clara. Tesis Doctoral en Ciencias Económicas. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Cuba. 123 p.
- Castro, M. 2009. Caracterización multifactorial de los sistemas de producción ovina en la provincia de Cienfuegos. Tesis MSc. en Producción Animal, Universidad de Cienfuegos. 66 p.
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. 1978. Measurement the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2: 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. 1981. Evaluating program and managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program follow through. *Management Sciences* 27: 668-697.
- Coelli, T. 1996. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, CEPA Working Paper No 8/96. Department of Econometrics, University of New England, England. 50 p.
- Coll, V. y Blasco, O. 2006. Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envoltante de Datos. Introducción a los modelos básicos. Monografía. Universidad de Valencia. España, [Documento en línea]. En: <http://www.eumed.net/libros->



- gratis/2006c/197/index.htm [Consulta: mayo de 2014].
- Debreau, G. 1951. The coeficiente of resource utilization. *Journal Econometric* 19: 14–22.
- Dios-Palomares, R., Martínez, J. M. y Martínez-Carrasco, F. 2006. El análisis de eficiencia con variables de entorno. Un método de programas con tres etapas. *Estudios de Economía Aplicada* 4(19):477 – 497.
- Eagles, P., Havitz, M., McCutcheon, B., Buteau-Duitschaever, W. and Glover, T. 2010. The perceived implications of an outsourcing model on governance within British Columbia Provincial Parks in Canada: a quantitative study. *Environ Manage* 45(6):1244-1256.
- Farrell, M. 1957. The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society (Series A)* 120, part III: 253-290.
- Flores, J. y Zambrano, C. 2010. La eficiencia técnica de explotaciones agrarias mixtas con producción ovina en el municipio Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela (Resumen). *In III Congreso de Producción Animal*. Instituto de Ciencia Animal, La Habana. p. 4.028.
- Flores, J. y Zambrano, C. 2011. Eficiencia técnica de explotaciones agrarias mixtas con producción ovina en el municipio Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista Unell de Ciencia y Tecnología* 29: 23-33.
- Gamarra, J. 2004. Eficiencia Técnica Relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República. Colombia. pp. 1-58.
- García, C. 2002: Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes: una aplicación a los hospitales de INSALUD. Tesis Doctoral. Departamento de Economía. Facultad de Ciencias económicas y Empresariales, Universidad de Valladolid. España. 237 p.
- Hernández, A., Pérez, J. y Bosch, D. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos de Cuba, Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 46 p.
- Herrera, J., Torres, V., Valera, M. y Carmelita, A. 2010. Aplicación de una metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos (resumen). *In III Congreso de Producción Animal Tropical*, Palacio de las convenciones. La Habana, Cuba. p. 334.
- Infostat 2001. Software estadístico. En <http://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=46>. [Consulta: noviembre de 2014].
- Koopmans, T. 1951. Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph N° 13, John Wiley and Sons, Inc. New York. 404 p.
- López, D. y Rivas M. 1993. Formación de Nuevas Razas Lecheras. Resultados en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 27(1): 1 - 10.
- López-Torres, L. and Prior, D. 2013. Do parents perceive the technical quality of public schools? An activity analysis approach. *Regional and Sectoral Economic Studies* 13(3): 39-60.
- Lozano, A., Pastor, J. and Pastor, J. 2002. An efficiency comparison of european banking systems operating under different environmental conditions. *Journal of Productivity Analysis* 18: 59-77.
- Machado, H., Suset, A., Martín, G. y Funes-Monzote, F. 2009. Del enfoque reduccionista al enfoque de sistema en la agricultura cubana: un necesario cambio de visión. *Revista Pastos y Forrajes* 32 (3): 1-12.
- Martínez, B. 2009. Evaluación de la eficiencia técnica de la producción de leche en la Empresa Agropecuaria Benito Juárez, de Placetas. Tesis de licenciatura en contabilidad

- y finanzas. Universidad Central de Las Villas. Marta Abreu. Cuba. 57 p.
- Miranda, I. 2011. Estadística aplicada a la sanidad vegetal. Editorial EDCENSA. Instituto de Sanidad Vegetal. San José de las Lajas. Cuba. 110 p.
- Morantes, M., Dios-Palomares, R., Peña, M., Rivas, J., Angon, E., Perea, J. y García-Martínez A. 2014. Eficiencia técnica de los sistemas de producción con ovinos de leche en Castilla-La Mancha, España. Una estimación de metafronteras. *In* Memoria Simposio VI Congresos de Eficiencia y Productividad. Efiuco, Córdoba. pp. 1-29.
- Navarro, J. y Torres, Z. 2007. Eficiencia técnica y asignativa del sector eléctrico en México en su fase de distribución: un análisis a través de los modelos de frontera DEA. *Mundo Siglo XXI* N° 7:35-43.
- Ponce, P. 2009. Un enfoque crítico de la lechería internacional y cubana. *Rev. Salud Animal* 31 (2): 77- 85.
- Ribas, A., Flores, G. and López, C. 2006. Análisis no paramétrico de la eficiencia técnica de las explotaciones lecheras en Galicia. El papel de la concentración parcelaria. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 209: 111-133.
- Ruiz, R. 2001. Utilización de los pastos y forrajes para la producción de leche en Cuba, Estrategia de alimentación del ganado bovino en el trópico. Grupo Nacional de Vaquerías potenciadas. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 176 p.
- Silva, E., Arzubi, A. and Berbel, J. 2004. An application of data envelopment analysis (DEA) in Azores dairy farms. *New Medit* N° 3: 39-43.
- Urdaneta, F., Dios-Palomares, R., Casanova, A. y Cañas, J. 2010. Estudio no paramétrico de la eficiencia técnica en ganadería de doble propósito tropical con variable de entorno. *In* Memoria Simposio XIII Encuentro de Economía Aplicada, Universidad Pablo Olavide. Sevilla. pp. 1-20.
- Zárraga, A. y Goitisolo, B. 2008. Análisis de encuestas con preguntas condicionadas, *Revista Metodología de Encuestas* 10: 39-58.

## DIAGNÓSTICO E ÍNDICE PARA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN ETAPA VEGETATIVA DEL CULTIVO MAÍZ (*Zea mays* L.)\*

### Diagnosis and index for nitrogen fertilization in vegetative stage in corn (*Zea mays* L.) crop

Aymara Sánchez<sup>1</sup>, Rodolfo Delgado<sup>2</sup>, Javier Lorbes<sup>1</sup>, Vianel Rodríguez<sup>1</sup>, Luis Figueredo<sup>3</sup> y Carlos Gómez<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue establecer rangos de lecturas con el medidor portátil de clorofila SPAD (Soil Plant Analysis Development) para el diagnóstico y un índice para la determinación de la dosis de N para la fase de cinco a seis hojas totalmente desarrolladas del maíz. El estudio se realizó en la estación experimental del INIA, municipio Peña, estado Yaracuy, Venezuela. El primer año, se estableció un gradiente de N aplicando cuatro dosis crecientes desde 0 hasta 450 kg N ha<sup>-1</sup> en forma de Urea. Para el segundo año, se aplicaron seis dosis crecientes que variaron de 0 a 240 kg N ha<sup>-1</sup>, de acuerdo con un arreglo de tratamiento en parcelas divididas con tres repeticiones. Las dosis de N establecidas en el primer año correspondieron a las parcelas principales y las dosis de N aplicadas el segundo año a las subparcelas. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza y de regresión. De acuerdo con rangos establecidos basados en la probabilidad de respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada y en el contenido de nitrógeno mineral, lecturas de SPAD menores de 50,4; 52,2 y 53,2 para las fases de cinco a seis, de 10 a 11 hojas totalmente desarrolladas y en floración, respectivamente pueden ser usados para detectar en campo deficiencias de N en el cultivo de maíz. Se propone índice para determinar la dosis de N en el reabono basado en la integración de la lectura SPAD y el contenido de N mineral en el suelo en periodo de cinco a seis hojas del cultivo.

**Palabras clave:** medidor portátil de clorofila, N mineral, dosis de N.

#### ABSTRACT

The objective of this research was to establish readings ranges with portable chlorophyll meter SPAD (Soil Plant Analysis Development) to diagnosis and an index to determining the N doses for phase five to six leaves corn fully developed. The study was conducted at the experimental station of INIA, Peña municipality, Yaracuy State, Venezuela. The first year, N gradient was established by using four increasing doses from 0-450 kg N ha<sup>-1</sup> as Urea. To second year, six increasing doses that varied from 0 to 240 kg N ha<sup>-1</sup> were applied, according to a treatment arrangement on three replications in split plots. N doses established in the first year corresponded to main plots and N doses applied in the second year to subplots. Data were processed by variance analysis and regression testing. According to established ranges based on probability of crop response to nitrogen fertilization and to mineral nitrogen content, SPAD readings below than 50.4, 52.2 and 53.2 for stages from five to six leaves, from 10 to 11 fully developed leaves and flowering, respectively, can be used to detect N deficiencies in the maize field. Index is proposed to determine N dose at side dressing based on the integration of SPAD reading and content of mineral N in the soil at five to six crop leaves.

**Keywords:** portable chlorophyll meter, mineral N, N doses.

(\*) Recibido: 13-02-2015

Aceptado: 17-07-2015

<sup>1</sup> Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA Departamento de Química y Suelos, Cabudare-Lara. Venezuela. Apartado postal 400. [aymaras@ucla.edu.ve](mailto:aymaras@ucla.edu.ve).

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Apdo. 4653 Maracay 2101, Edo. Aragua. Venezuela. [rdelgado@inia.gob.ve](mailto:rdelgado@inia.gob.ve)

<sup>3</sup> INIA. Estación Experimental Local Yaritagua, Apdo. 3201. Yaritagua, Edo. Yaracuy. Venezuela. [lfigueredo@inia.gob.ve](mailto:lfigueredo@inia.gob.ve)

## INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo que requiere adecuado suministro de nitrógeno desde las primeras etapas de crecimiento. El conocimiento de la dinámica de acumulación del elemento por el cultivo es importante para el manejo de la fertilización nitrogenada, ya que permite determinar dosis y épocas más adecuadas para su aplicación, que garanticen, enmarcado en el desarrollo de una agricultura sustentable, una eficiente utilización del N y un menor riesgo de contaminación de fuentes de agua. El estado nutricional con nitrógeno en la etapa vegetativa de cinco (V5) y 12 hojas (V12) es importante porque se define el número total de granos y por lo tanto la producción potencial del cultivo (García y Espinosa 2009), lo cual acentúa la necesidad de establecer mecanismos para el diagnóstico de su disponibilidad en el suelo y de su concentración en la planta.

Generalmente, el estado nutricional de las plantas es evaluado por análisis químico del tejido vegetal (hoja) y, normalmente, en su interpretación se utilizan concentraciones críticas o rangos de concentración (Malavolta 2006). Sin embargo, estos métodos presentan ciertas limitaciones por el tiempo de ejecución, por el alto costo y la época para la toma de la muestra, en el caso del maíz en floración, lo que no permite corregir alguna deficiencia nutricional en la etapa vegetativa del cultivo.

Métodos de diagnóstico alternativos para valorar el estado nutricional nitrogenado de la planta, en tiempo real y en el propio campo, como el medidor portátil de clorofila o SPAD (Soil Plant Analysis Development), pueden servir como técnicas auxiliares en la toma de decisión sobre la fertilización nitrogenada (Argenta *et al.* 2004), debido a que la clorofila, pigmento que da el color verde de las hojas y que se encarga de absorber la luz necesaria para realizar actividad fotosintética, se ha correlacionado positivamente con el contenido de N en la planta (Silveira *et al.* 2003). En la planta de maíz, este pigmento refleja la condición nitrogenada del cultivo (Wolfe *et al.* 1988).

El uso del medidor portátil de clorofila o clorofilómetro para evaluar el estado nutricional de nitrógeno en la planta y la fertilización nitrogenada ha sido abordado en el cultivo de maíz, con la determinación de valores críticos de lecturas de SPAD (Rambo *et al.* 2007) y como índice de suficiencia de N basados en las lecturas del SPAD (Barbosa *et al.* 2008). Así mismo, se propusieron rangos de lecturas de SPAD con base en la respuesta del cultivo a dosis crecientes de N para los estados fenológicos de cinco a seis hojas, de 10 a 11 hojas totalmente desarrollada y en floración y se verificó que hay buenas posibilidades de detectar deficiencia de N con el auxilio del clorofilómetro en las etapas iniciales, cuando hay mayor sensibilidad al estrés por falta de N (Sánchez *et al.* 2012). Estos criterios de interpretación de las lecturas SPAD son útiles para detectar si habrá respuesta o no a la fertilización nitrogenada, pero no para determinar cuál sería la dosis de N (Fontes y Araujo 2007).

Este trabajo tuvo como objetivos establecer rangos de lecturas SPAD e índice para el diagnóstico y determinación de dosis de nitrógeno a recomendar en la etapa vegetativa del cultivo de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó durante el período lluvioso (mayo-octubre) de 2009 y 2010, en el campo experimental de la Estación Yaritagua del INIA, situada en Yaritagua, valle medio del Río Yaracuy, estado Yaracuy (10° 05' 37' N y 69° 07' 19' W), a una altura de 320 msnm. El clima de la zona corresponde a bosque seco tropical, caracterizado por un período de sequía que dura de 4 a 6 meses. La precipitación media anual es 1038,3 mm y durante el ciclo del cultivo fue 658,1 mm; mientras que la temperatura media anual es 26,8°C, según registros generados por la estación agrometeorológica ubicada en la Estación. El suelo del área experimental pertenece al orden Alfisol clasificado como Oxic Haplustalfs, franco fino, caolinítico, no ácido, isohipertérmico, de baja fertilidad y perteneciente a la serie Uribeque.

## Evaluación de la respuesta del maíz a la aplicación de dosis de N y su relación con índices de planta y del suelo

La respuesta del cultivo a la aplicación de dosis crecientes de N y la relación con niveles de disponibilidad de N en el suelo, se evaluó con la aplicación de dosis crecientes de N (0, 40, 95, 120, 160 y 240 kg ha<sup>-1</sup>) en el segundo año del estudio. Previamente, en el primer año, se estableció un gradiente de nitrógeno en el suelo como lo indicaron Bundy y Malone (1988), mediante la aplicación de 0, 150, 300 y 450 kg N ha<sup>-1</sup>, en forma de Urea, aplicada diez días antes de la siembra e incorporada con pase de rastra. Se sembró el híbrido de maíz HR101, con el fin de garantizar la incidencia de factores bióticos que afectan la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. Los tratamientos fueron arreglados en parcelas divididas con tres repeticiones, en bloques al azar, las dosis de N establecidas en el primer año correspondieron a las parcelas principales y las dosis de N para el segundo año a las subparcelas. Las parcelas principales estuvieron conformadas por 14 hileras de cultivo de 29 m de largo separadas a 0,85 m, para un total 357 m<sup>2</sup> por parcela y cuatro parcelas por bloque. La subparcela consistió de 6 hileras de cultivo separadas a 0,83 m entre sí y de 10 m de largo (44,82 m<sup>2</sup>). Se consideró como unidad experimental los cuatros hilos centrales (29,88 m<sup>2</sup>) y los dos hilos centrales se destinaron para la evaluación del rendimiento del cultivo (14,49 m<sup>2</sup>). Cada tratamiento estuvo separado por dos hileras.

Para el segundo año, se utilizó el híbrido de maíz DK 357 y al momento de la siembra se aplicaron 50 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con fosfato monoamónico (11% N y 52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O con cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O) en forma de banda e incorporada, para todos los tratamientos. Luego de la siembra se aplicó en forma manual, en banda y con Urea, 1/3 de la dosis de cada uno de los tratamientos. La cantidad restante (2/3) para completar la dosis por tratamiento fue aplicada a los 28-30 después de la siembra. El control de maleza fue realizado cuando el cultivo presentaba dos hojas, utilizando herbicidas post-emergentes a base de Atrazina y Nicosulfurón en dosis de 2 L ha<sup>-1</sup> del producto comercial.

## Determinación de lecturas de SPAD, concentración de N foliar, N inorgánico en el suelo y rendimiento en grano.

Se utilizó el clorofilómetro, modelo SPAD-502 (Minolta Camera co. Ltd., Japan) que mide de forma indirecta el contenido relativo de clorofila presente en la hoja. Las lecturas SPAD y el contenido de N foliar se ejecutaron, para el 2<sup>do</sup> año, en los estados fenológicos de cinco a seis hojas completamente expandida (V5-V6), 10 a 11 hojas (V10-V11) completamente expandidas y en floración (R1), después de la emisión de la inflorescencia femenina. En los estados V5-V6 y V10-V11, se tomaron las lecturas en las hojas más recientemente maduras en 10 plantas de cada unidad experimental de cada subparcela, de acuerdo con la metodología propuesta por Argenta *et al.* (2001). Durante la floración, en producción de barbas o estigmas, las lecturas se realizaron en la hoja índice VR1 (primera hoja debajo de la mazorca) tal como indicó Casanova (2005). En cada hoja se realizaron tres lecturas de la siguiente manera: una, en un punto situado a dos tercios de la longitud de la hoja, a partir de la base, y a 2 cm de uno de los márgenes de la hoja y los restantes dos puntos en los extremos del área seleccionada. Una vez realizadas las lecturas, las hojas fueron retiradas para conformar una muestra compuesta, a la cual se le determinó el contenido de N total, mediante digestión húmeda y por el método de micro Kjeldhal con el uso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Malavolta *et al.* 1997).

Se tomaron muestras compuestas de suelo, formadas por la mezcla de tres submuestras, que a su vez estaban compuestas por cuatro submuestras a tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-40 cm) por subparcelas, colectadas en las entrelíneas del cultivo, en la fase V5-V6, previo a la segunda aplicación de fertilizante (2/3 de la dosis). El análisis de las muestras para la determinación del N mineral (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se realizó siguiendo la metodología propuesta por Faust *et al.* (1987). Las concentraciones obtenidas de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N mineral (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en mg kg<sup>-1</sup> fueron transformadas en cantidad, considerando el peso de una hectárea, de acuerdo con la densidad aparente del suelo de cada profundidad evaluada. Cada aumento de la profundidad del suelo (0-20 y 0-40

cm) correspondió a la suma aritmética de las cantidades de cada forma del N.

La cosecha de grano fue realizada cuando los granos alcanzaron 20% humedad y el rendimiento fue corregido al 15%, expresado en Mg ha<sup>-1</sup> y en porcentaje de rendimiento máximo (%Rend Máx), el cual correspondió al rendimiento de las distintas dosis aplicadas (0 a 240 kg ha<sup>-1</sup>) en relación con el máximo rendimiento observado.

### Análisis Estadísticos

Las lecturas SPAD, contenido de N mineral y rendimiento en grano del cultivo fueron sometidos a análisis de varianza y regresión simple y cuadrática, utilizando los procedimientos PROC REG del programa SAS (SAS 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Relación entre las lecturas de SPAD con N foliar, N disponible del suelo y rendimiento del maíz

En general, el aumento en las unidades SPAD debido a la fertilización nitrogenada y la disponibilidad de N inicial, permitió expresar la relación entre el N y la intensidad del color verde de la hoja. La concentración de N mostró relación con las lecturas SPAD en los estados V5-V6 y V10-V11 ( $R^2=0,57$  y  $0,73$ ;  $P<0,05$ ). Para estas etapas la mayor parte de la variabilidad del contenido foliar de N quedó explicada por el valor de SPAD y por ende por el contenido de clorofila en el tejido (Figura 1). Estas correlaciones son de importancia porque pueden ser usadas para el diagnóstico en las etapas iniciales del cultivo. Además de confirmar la utilidad que tiene el clorofilómetro para detectar la aparición de deficiencia de N antes que sea visible al ojo humano (Samborski *et al.* 2009).

Con el fin de integrar el contenido de nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y amonio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en el suelo y de clorofila en la hoja en el diagnóstico nutricional nitrogenado del maíz, fue evaluada asociación entre estas variables y se utilizó el N mineral (Nmin) (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) del suelo más las dosis de N aplicadas con el fertilizante, definido como N disponible (ND). Así mismo, se seleccionó la profundidad de 0-20 cm porque generó un ajuste significativo para las etapas V5-V6 y V10-V11;

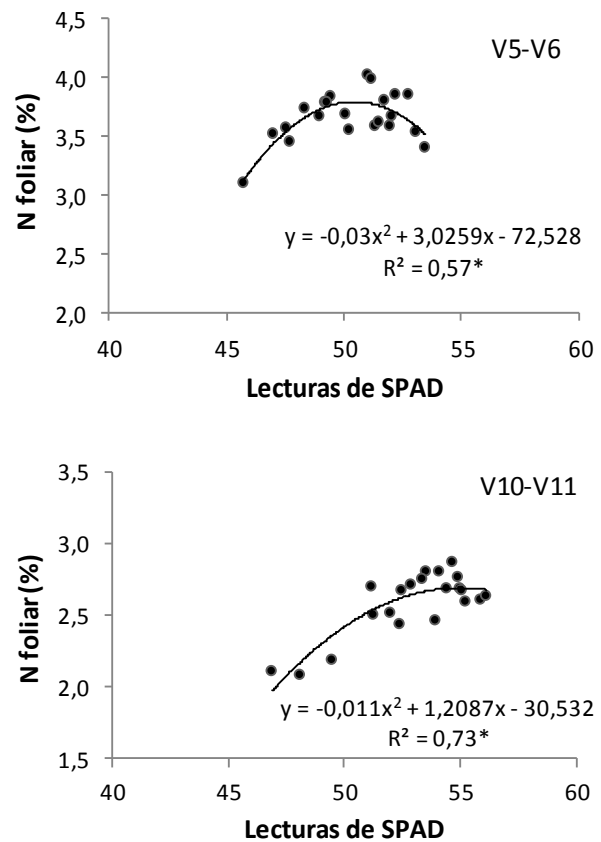
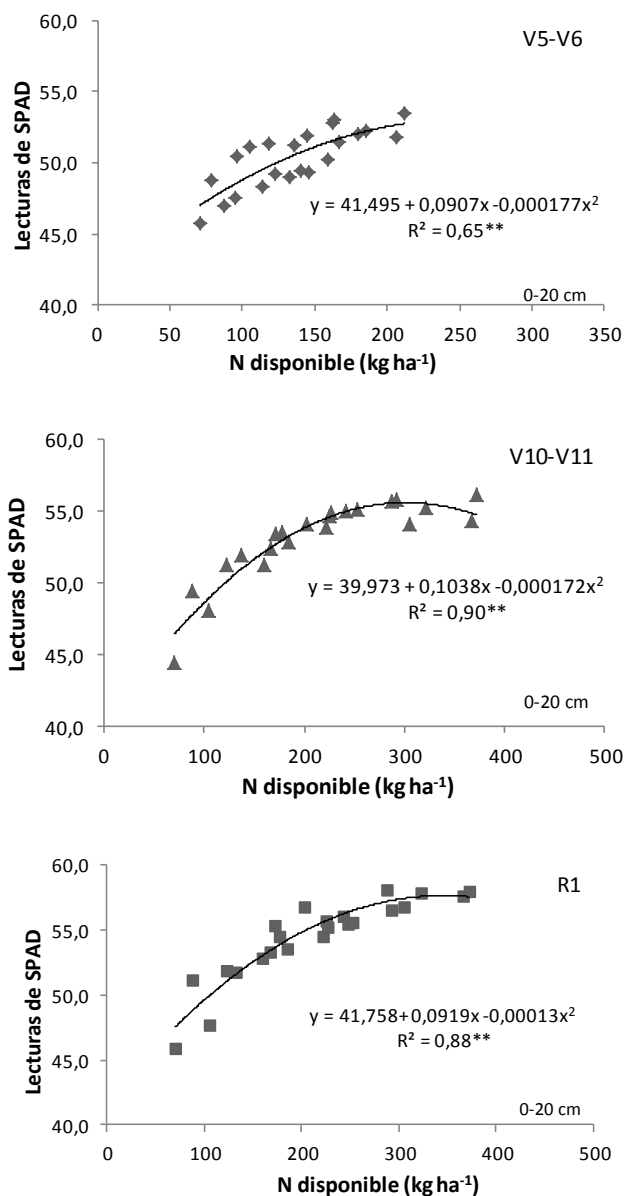


Figura 1. Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de N foliar, en las etapas de desarrollo V5-V6 y V10-V11 de maíz DK 357.

además esta profundidad normalmente es utilizada para el análisis de fertilidad y recomendada para evaluar los demás nutrientes (P, K, Ca, y Mg) en el suelo para el cultivo maíz.

En la Figura 2 se muestran las relaciones entre las lecturas de SPAD en las etapas V5-V6, V10-V11 y R1 con el ND a 20 cm de profundidad. Para la etapa V5-V6 los incrementos en el ND con 1/3 de la dosis aplicada al momento de la siembra, aumentaron los valores de las lecturas de SPAD, con un efecto cuadrático. La máxima lectura de SPAD calculada para la etapa V5-V6 con el ND fue de 53,1. Este valor de SPAD es semejante al obtenido (52,1) por Argenta *et al.* (2004) para la etapa V6-V7 y superior al encontrado (43,4) por Piekielek y Fox (1992), para la misma etapa. Estos resultados demuestran la sensibilidad de esta metodología a factores como genotipo y condiciones ambientales al momento de la medición, lo que hace necesaria su calibración en cada situación.



**Figura 2. Relación entre lecturas de SPAD en hoja de maíz en etapas de desarrollo V5-V6, V10-V11, floración (R1) y el N disponible (Dosis de N más el N mineral inicial) en suelo acumulado a 20 cm de profundidad.**

El valor máximo de SPAD para la etapa V10-V11, en función a la fertilización nitrogenada (0 a 240 kg ha<sup>-1</sup>) más el Nmin inicial del suelo, fue 55,5 y aumentó los valores de lectura de SPAD en 9,0 unidades por cada 100 kg de N ha<sup>-1</sup>. Este valor máximo fue semejante (55,3) al señalado por Argenta *et al.* (2001) como nivel adecuado de N. Esta etapa se corresponde con un rápido aumento en la absorción del nutriente y acumulación de

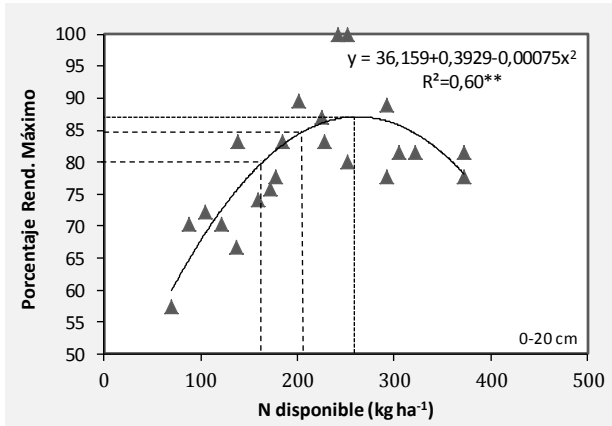
materia seca y define en gran parte el rendimiento final de grano.

En la etapa de floración, el ND indujo un aumento de las lecturas SPAD, con coeficientes de ajuste  $R^2$  desde 0,88 ( $P < 0,01$ ). La lectura máxima para esta etapa fue 58,3 para el ND acumulado.

Si el contenido de clorofila, medido por el clorofilómetro, presenta relación con la dosis de N aplicada al suelo y el contenido de N en el suelo, se evidenciaría la posibilidad de utilizarlo para indicar necesidad de aplicar o no N al cultivo, con el objetivo de mantener contenidos adecuados de este elemento en las hojas. Esta afirmación está en concordancia con lo expuesto por García y Espinosa (2009), quienes indicaron que el clorofilómetro puede ser una herramienta válida en el diagnóstico del contenido de N en hojas de maíz, para ajustar las aplicaciones en el período de mayor susceptibilidad a la falta de N, de V6 y V12, momento en el que se define el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera, los cuales determinan la formación del número total de granos por mazorca.

Para evaluar la utilidad del clorofilómetro como instrumento de diagnóstico e interpretar las lecturas de SPAD de acuerdo con la respuesta del cultivo a la aplicación de N, se establecieron rangos de lecturas SPAD en función a categorías de probabilidad de respuesta del cultivo en alta, media y baja, para las fases fenológicas evaluadas, mediante la metodología utilizada por Silveira *et al.* (2003), la cual se fundamenta en que las lecturas SPAD aumentan con el incremento de las dosis de N. Esto significa que los valores de las lecturas incrementan con el aumento de la productividad del cultivo y que presentan tendencia a aumentar con los días después de la siembra.

Por consiguiente, los rangos de lecturas SPAD se establecieron con base en la relación funcional entre el rendimiento del maíz, expresado en porcentaje de rendimiento máximo (%Rend Máx) y el N disponible del suelo evaluado al momento de la siembra y en la etapa V5-V6 (Figura 3). Mediante la primera derivada de la ecuación mostrada en la Figura 3 se obtuvo el N disponible a 0-20 cm ( $ND_{0-20cm}$ ) requerido para alcanzar el máximo porcentaje de rendimiento (87%), a partir



**Figura 3. Porcentaje de Rendimiento máximo en maíz en respuesta al N disponible (Dosis de N más el N mineral inicial) del suelo a los 0-20 cm de profundidad.**

del cual fueron definidas las categorías, entre 0 y 80% (Baja), 80-85% (Media) y mayores a 85% del % Rend Máx (Alta).

El ND<sub>0-20cm</sub> estimado para alcanzar el %Rend Máx de cada categoría de respuesta, se relacionó con las lecturas SPAD mediante las ecuaciones cuadráticas ilustradas en la Figura 2, para las etapas evaluadas. Las lecturas SPAD estimadas conformaron los rangos de acuerdo con el estado fenológico y la probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz (Tabla 1). Los rangos de lecturas SPAD para las etapas de 10 a 11 hojas y en floración del maíz basados en la respuesta del cultivo a dosis de 0-40 (bajas), de 95 a 120 (medianas) y de 160 a 240 kg N ha<sup>-1</sup>(altas), propuestos por Sánchez *et al.* (2012) fueron menores a los obtenidos en el presente estudio.

Argenta *et al.* (2004) indicaron que valores de lecturas SPAD por encima de 52,1; 55,3 y 58,0;

**Tabla 1. Probabilidad de respuesta del maíz en la etapa V5-V6 a la fertilización nitrogenada en función de las lecturas de SPAD en diferentes etapas fenológicas de cultivo.**

Estado Fenológico	Probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada		
	Alta (<80%)	Media (80-85%)	Baja (>85%)
	----- Lecturas de SPAD -----		
V5-V6	< 50,4	≥ 50,5 - 52,8	> 52,8
V10-V11	< 52,2	≥ 52,3 - 55,3	> 55,3
R1	< 53,2	≥ 53,3 - 56,9	> 56,9

para las etapas de V6-V7, V10 a V11 y en floración, respectivamente, representan un nivel adecuado de N.

La elaboración de estos rangos con los valores de lecturas SPAD de acuerdo con la probabilidad de respuesta, es una información importante que permite el diagnóstico en campo, en el momento oportuno, para orientar a los productores o técnicos en la toma de decisión sobre el criterio de fertilización (Silveira *et al.* 2003); sin embargo, es necesaria calibración y validación en estudios subsiguientes.

### Estimación de la Dosis de N

Los rangos de lectura SPAD obtenidos permitirán determinar la probabilidad de que el cultivo responda a la fertilización nitrogenada, por lo tanto se podría adicionar N en la fase V5-V6, cuando la lectura SPAD está por debajo del nivel máximo de cada rango estimado. Sin embargo, se han señalado posibles dificultades para traducir los valores de SPAD por debajo del valor crítico, en dosis de N requeridas para esta etapa (Zhang *et al.* 2008).

Por lo tanto, para utilizar el clorofilómetro como indicativo de la necesidad de fertilización nitrogenada, se propone la posibilidad de utilizar un índice que combine características de la planta (clorofila o nitrógeno en la hoja) y del suelo (contenido de nitratos y amonio en el suelo) como estrategia para estimar las dosis de N.

Para tal fin, se estimó el índice, obtenido a partir de la multiplicación de los valores de lecturas de SPAD en la fase V5-V6 y el ND obtenido de 2/3 de la dosis por aplicar más el N<sub>min</sub> evaluado en la misma fase (Dosis 2/3 + N<sub>min</sub>V5-V6) para la profundidad de 0-20 cm. La relación entre el índice y el % Rend Máx mostró una función cuadrática (R<sup>2</sup>= 0,56; P<0,05) (Figura 4). Sin embargo, para utilizar determinada característica de la planta y del suelo como índice, es necesario establecer un valor de referencia o nivel crítico de esas características en función de las dosis de N aplicadas (Fontes y Araujo 2007).



$$Dosis\ 2/3 = \frac{\text{Índice}}{\text{Lectura de SPAD}_{V5-V6}} - Nmin_{V5-V6} \quad (1)$$

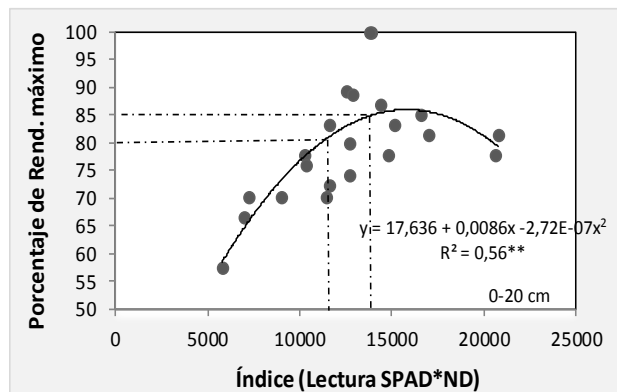


Figura 4. Relación entre porcentaje de rendimiento máximo y el índice de SPAD\*ND (Dosis 2/3 + Nmin<sub>V5-V6</sub>) para 0-20 cm.

Mediante la primera derivada de la ecuación  $(17,636 + 0,0086x - 2,72e^{-7}x^2)$  mostrada en la Figura 4, se obtuvo el índice requerido para alcanzar el máximo porcentaje de rendimiento, a partir del cual fueron definidas las categorías en alta, media y baja probabilidad de respuesta del cultivo, que determinaron los rangos de los índices en función de las categorías establecidas (Tabla 2).

Tabla 2. Probabilidad de respuesta del maíz en la etapa V5-V6 a la fertilización nitrogenada en función del índice (Lecturas de SPAD \* N disponible) a diferentes profundidades.

Profundidad (cm)	Probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada		
	Alta	Media	Baja
	----- Índice -----		
	5-6 hojas totalmente expandidas (V5-V6)		
0-10	< 7066	≥ 7067 – 9133	> 9133
0-20	< 11267	≥ 11268 – 14318	> 14318
0-40	< 17230	≥ 17231 – 22973	> 22973

Con los rangos de los índices establecidos fue propuesta la dosis de N que sería necesaria aplicar, para ello: *i*) se selecciona el índice límite de cada rango establecido de acuerdo con la probabilidad de respuesta que se pueda alcanzar (80 o 85% Rend Máx) (Tabla 1), *ii*) con el índice (obtenido en el punto *i*), se despeja la dosis de N, la cual queda definida en función del índice [Lectura de SPAD<sub>V5-V6</sub> \*(Dosis2/3 + Nmin<sub>V5-V6</sub>)]. Esta puede ser expresada en la ecuación 1:

La dosis de nitrógeno a aplicar, puede ser ejemplificada, cuando se obtiene un 85 % del rendimiento máximo, el índice límite del rango correspondiente a la categoría media de la respuesta del cultivo, es de 14318 (Tabla 2). Con el valor del índice obtenido y la ecuación 1, se obtendrá la dosis. Para tal fin, se requiere la lectura SPAD y el N mineral evaluado en la etapa V5-V6 del maíz. La dosis obtenida para esta etapa debe ser ajustada con la dosis total y el fraccionamiento de la misma (1/3 de la dosis al momento de la siembra).

La probabilidad de utilizar un índice de planta y suelo para estimar la dosis de N no ha sido explorada, es escasa la información en la literatura sobre indicadores útiles y complementarios que permitan la toma de decisión en cuanto a la cantidad de fertilizantes nitrogenados a utilizar en función al nivel de %Rend Máx que se desea alcanzar.

### CONCLUSIONES

La lectura SPAD presentó relación con la dosis de N aplicada al suelo y el contenido de N en el suelo, por lo que puede ser utilizada para detectar en campo deficiencias de N en el cultivo en las fases V5-V6, V10-V11 y floración de acuerdo con los rangos de lecturas SPAD establecidas.

Se determinó un índice para estimar la dosis de N que se recomienda aplicar en la etapa de crecimiento de cinco a seis hojas del maíz, mediante la integración de lecturas SPAD y el N disponible en el suelo a 0-10, 0-20 y 0-40 cm de profundidad.

Se requiere calibrar y validar la metodología propuesta para la determinación de la dosis de N a aplicar en lotes comerciales.

### AGRADECIMIENTO

A los técnicos Carlos Colmenares y Francisco Castañeda por su asistencia en la ejecución del ensayo de campo y muestreos realizados. Al CDCHT-UCLA por el financiado del proyecto y al personal técnico de Campo de la Estación Experimental Yaritagua, del INIA.

## REFERENCIAS

- Argenta, G., Ferreira, P. and Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. *Ciência Rural* 34(5): 1379-1387.
- Argenta, G., Ferreira, P., Bortolini, C., Forsthofer, E. e Strieder, M. 2001. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *R. Bras. Fisiol. Veg.* 13 (2): 158-167.
- Barbosa, M., Cobucci, T., Fageria, N. e Neves, P. 2008. Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. *Ciência Rural* 38 (7): 1843-1848.
- Bundy, L. and Malone, E. 1988. Effect of residual profile nitrate on corn response to applied nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52 (1): 1377-1382.
- Casanova, E. 2005. Introducción a la Ciencia del Suelo. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. UCV. p. 454.
- Faust, H., Sebastianelli, J. y Axmann, H. 1987. Manual de laboratorio. Métodos para el análisis de 15N. In. Curso interregional de entrenamiento sobre el uso de 15N en ciencias de suelos, nutrición vegetal y biotecnología agrícola. Academia de Ciencias de la RDA. Leipzig, DDR. p.122.
- Fontes, P. e Araujo de C. 2007. Adubação nitrogenada de hortaliças. Princípios e práticas com o tomateiro. Ed. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Pp. 148.
- García, J. y Espinosa, J. 2009. Relación entre el índice de verdor y la aplicación de nitrógeno en diez híbridos de maíz tropical en Colombia. VXIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. 16-20 de Noviembre. Costa Rica.
- Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, Brasil. 638 p.
- Malavolta, E., Vitti, G. e Oliveira, S. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. POTAFOS. Piracicaba. 319 p.
- Piekielek, W. and Fox, R. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agronomy J.* 84: 59-65.
- Rambo, L., Ferreira, P., Strieder, M., Sangoi, L., Bayer, C. e Argenta, G. 2007. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. *Pesq. Agropec. Bras.* 42(3): 407-417.
- Samborski, S., tremblay, N. and Fallon, E. 2009. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy. J.* 101: 800-816.
- Sánchez, A., Delgado, R., Lorbes, J. y Rodríguez, V. 2012. Uso del Clorofilómetro en el diagnóstico nitrogenado en cultivo maíz. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 16 al 20 de abril. Mar del Plata, Argentina.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT User's Guide, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Silveira, P., Braga, A. e Didonet, A. 2003. Uso do clorofilometro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 38(9): 1083-1087.
- Wolfe, D., Henderson, D., Hsiao, T. and Alvino, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescences of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agronomy J.* 80: 865-870.
- Zhang, J., Blackmer, A., Ellsworth, J. and Koehler, K. 2008. Sensitivity of chlorophyll meters for diagnosing nitrogen deficiencies of corn in production agriculture. *Agronomy J.* 100 (3): 543-550.

# OBSERVACIONES SOBRE VEGETACIÓN, GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS EN LOS CAÑOS MORROCOY, CARIBITO Y JABONCILLO, ESTADO BARINAS, VENEZUELA\*

Observations on vegetation, geomorphology and soils in Morrocoy, Caribito and Jaboncillo creeks, Barinas State, Venezuela

José Farreras<sup>1</sup> y Richard Schargel<sup>1†</sup>

## RESUMEN

Con la finalidad de caracterizar el recurso vegetación, geomorfología y suelos se presenta información cualitativa de los bosques de galería localizados en los caños Morrocoy, Caribito y Jaboncillo en San Silvestre, estado Barinas, Venezuela; sometidos a diferentes grados de intervención producto de la actividad agropecuaria y petrolera. Se utilizaron inventarios ecológicos rápidos, colecciones botánicas y observaciones de campo. Se describen la estructura y composición florística, las características fisiográficas y edáficas en tres bosques de galería en el área de estudio. Caño Morrocoy, fluye sobre napas de desborde y cauces abandonados del Holoceno tardío del río Pagüey, los suelos son predominantemente de texturas medias y horizontes compactados; la vegetación presente está intervenida y representada por individuos, con alturas desde 3 hasta 15 m, de *Attalea butyracea*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga vera*, *Inga punctata* y *Bactris major*. Caño Caribito, fluye sobre cubetas del Holoceno temprano del río Santo Domingo, predominan suelos con capas arcillosas compactas de 30 a 75 cm de profundidad, aguas abajo fluye sobre sedimentos actuales del Pagüey; la estructura de la vegetación está conformada por individuos entre 3 y 25 m de altura y en algunos sectores del caño existe una fragmentación y dominan elementos herbáceos y arbustivos; en general está representada por especies como *Faramea occidentalis*, *Cupania americana* e *Inga punctata*. Caño Jaboncillo, recorre el sector sobre cubetas del Pleistoceno del río Santo Domingo, los suelos presentan un horizonte B muy compacto; la vegetación está restringida a árboles de poca altura (< 7 metros), elementos arbustivos y herbáceos dispersos en todo el eje del caño; las especie más dominante es *Bactris guineensis*, también son comunes *Ardisia foetida*, *Cordia toqueve*, *Zanthoxylum fagara*, *Ocotea bofo* y *Nectandra pichurin*.

**Palabras clave:** bosque de galería, vegetación, composición florística, suelos ribereños, Llanos Occidentales.

## ABSTRACT

In order to characterize the vegetation, geomorphology and soil resource a qualitative information is presented about gallery forests located in Morrocoy, Caribito and Jaboncillo creeks in San Silvestre, Barinas state, Venezuela; it subjected to different degrees of intervention products of agricultural and oil industry activities. Rapid ecological inventories, botanical collections and field observations were used. The structure and composition of flora, physiographic and soil characteristics in three gallery forests in the study area are described. Morrocoy creek flows over webs of overflow and abandoned channels from the late Holocene of Pagüey River. Soils are predominantly of medium texture and compacted horizons; this vegetation is intervened and represented by individuals with heights between 3 and 15 m, of *Attalea butyracea*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga vera*, *Inga punctata* and *Bactris major*. Caribito creek flows over Santo Domingo river basins of the early Holocene, whose soils with compact clay layers of 30-75 cm depth are dominated, downstream

(\*) Recibido: 09-10-2014

Aceptado: 21-07-2015

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. farreras3022@gmail.com.

current flowing over Pagüey sediments; the vegetation structure is made up of individuals from 3 to 25 m high, and in some sectors of the creek there is fragmentation and dominate herbaceous elements and bush; in general it is represented by species like *Faramea occidentalis*, *Cupania americana* and *Inga punctata*. Jaboncillo creek travels the sector on Santo Domingo river basins Pleistocene, the soils have a very compact horizon B; vegetation is restricted to small trees (<7 m), shrub and herbaceous elements scattered around the axis of the creek; the most dominant species is *Bactris guineensis*; *Ardisia foetida*, *Cordia toqueve*, *Zanthoxylum fagara*, *Ocotea bofo* and *Nectandra pichurin* are also common.

**Key words:** riparian forest, vegetation, floristic composition, riparian soils, western plains.

## INTRODUCCIÓN

La vegetación de los Llanos venezolanos está constituida por una mezcla de elementos florísticos neotropicales, subtropicales y por un interesante mosaico de diferentes tipos de vegetación, la cual está asociada con el paisaje, características del suelo, relaciones hídricas y una marcada influencia humana, que ha disminuido la cobertura vegetal en el piedemonte andino y los llanos altos y bajos occidentales en los últimos 50 años (Veillón 1976; Aymard y Cuello 1999; Aymard y González 2007; Pacheco-Angulo *et al.* 2011; Farreras y Aymard 2011; Aymard 2013), así como en América latina (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010).

Dentro de este mosaico de vegetación se distinguen los bosques de galería, también llamados ribereños o riparios, los cuales son considerados, en algunos sistemas hidrográficos, el único relicto de vegetación que puede permitir el estudio de la biodiversidad y que representa el hábitat original de la región (Huber y Alarcón 1988; Paredes 1997).

En este trabajo se presenta información sobre geomorfología, suelos y vegetación de tres caños: Morrocroy, Caribito y Jaboncillo, localizados entre los ríos Pagüey y Santo Domingo, municipio San Silvestre del estado Barinas; sometidos a diferentes grados de intervención producto de la actividad agropecuaria y petrolera. Esta información es de utilidad para conocer la composición florística y la relación entre la geomorfología y suelos de los diferentes paisajes fisiográficos.

## ÁREA DE ESTUDIO

Los caños se encuentran localizados en el Sector de Desarrollo Petrolero Barinas Norte, hacia

el sureste de la ciudad de Barinas y cerca del poblado de San Silvestre, entre los ríos Pagüey y Santo Domingo, municipio Barinas del estado Barinas, se ubican entre las coordenadas 08° 20' N y 70° 07' O; 8° 15' N y 70° 00' O.

Según el Sistema de clasificación de Holdridge (1967) adaptado por Ewel y Madriz (1968), el bioclima o zona de vida corresponde con el de Bosque Seco Tropical, caracterizado principalmente por una temperatura media anual entre 25 y 27 °C y una precipitación anual entre 1450 y 1965 mm.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de muestreo

El área de muestreo se definió según el criterio de cercanía a la explotación de petróleo y según la facilidad de acceso.

### Estudio y descripción de la vegetación

Para el estudio y la descripción de la vegetación se utilizaron los métodos siguientes: Perfiles estructurales (Richards 1983); Inventarios biológicos rápidos (Alverson *et al.* 2000; Montambault y Missa 2002; Chernoff *et al.* 2003); e inventario y estudio de la composición florística mediante la recolección de especímenes botánicos en estado reproductivo, dentro de las áreas de los inventarios biológicos y de las zonas adyacentes. Todas las muestras botánicas fueron herborizadas y procesadas, y se encuentran depositadas en el Herbario PORT de la UNELLEZ-Guanare, Venezuela. Se utilizó GPS marca Garmin para ubicar los puntos de muestreo.

## Estudio y descripción de los suelos

Se realizó en dos etapas: a) Elaboración de un mapa de suelos a lo largo de cada tramo de caño estudiado, basado en los estudios previos (Zinck y Stagno 1966; PINT 1979; 1985) y la interpretación de fotografías aéreas de la misión 172 de 1960; b) Descripción del perfil de suelo, se realizó con el uso de un barreno y se tomó una muestra para estudiar las variables físicas del suelo en el punto central del perfil de vegetación. La clasificación taxonómica de los suelos fue actualizada según el Soil Survey Staff (1999; 2014). Los parámetros considerados según las normas del Soil Survey Staff (1993), para la clasificación de los suelos fueron grosor del horizonte, textura al tacto, color y moteado del suelo húmedo, así como consistencia en húmedo y mojado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**A) CAÑO MORROCOY:** ocupa la planicie del Holoceno tardío del río Pagüey, la cual se encontraba bajo bosque en 1960 (Veillón 1976), excepto por pequeñas áreas bajo conuco. En general la topografía varía desde plana hasta ligeramente convexa con ondulaciones, las pendientes son inferiores a 1%, el drenaje es pobre hasta imperfecto y moderadamente bueno; el

microrelieve es liso y posición geomorfológica de napas (bancos) y cubetas de desborde (bajíos), cauces abandonados y complejo de orillar. Los suelos predominantes son de texturas medias y horizontes poco compactados por los procesos pedogenéticos. Las unidades geomorfológicas y de suelos (unidades morfopedológicas) a lo largo de los caños estudiados se presentan en la Tabla 1.

A nivel general en el caño, el bosque se clasifica como bosques medios siempreverdes, con moderada a marcada intervención y una densidad de media a rala y un estado sucesional de vegetación secundaria, la cual está influenciada por cultivos, pastizales y explotación petrolera. La altura de cobertura comprende desde 3 hasta 15 m (raramente especies emergentes con 21 m de altura), dentro de las familias más importantes se tienen la Mimosaceae con 6 especies, seguida de Euphorbiaceae y Rubiaceae con 5 especies y Moraceae con 4 especies. Se distinguen dos estratos bien definidos; uno superior a los 10 m donde se distinguen: *Attalea butyracea*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Calycophyllum candidissimum* y *Ficus obtusifoli* (como elementos emergentes), *Coccoloba caracasana*, *Sterculia apetala*, *Cochlospermum vitifolium*, *Cordia collococca*, *Trichanthera gigantea*, *Triplaris caracasana*, *Inga vera*, *I. punctata*, *Hura crepitans*, *Eugenia* sp.,

**Tabla 1. Unidades morfopedológicas a lo largo de caño Morrocoy.**

Forma de terreno	Posición geomorfológica	Clasificación de los suelos a nivel de familia
Banco	Napas de desborde y explayamientos de ruptura del Pleistoceno Superior del río Santo Domingo	Aquultic Haplustalfs francosos
Bajío	Cubetas de desborde del Pleistoceno Superior del río Santo Domingo	Aeric Albaqualfs y Aeric Vertic Albaqualf arcillosos finos
Bajío	Cubetas de desborde y de decantación del Holoceno temprano del río Santo Domingo y Pagüey	Aeric Chromic Vertic Epiaqualfs arcilloso fino y Ustic Epiaquerts arcillosos muy finos
Banco	Napas de desborde, cauces colmatados y explayamientos de ruptura del Holoceno temprano del río Pagüey	Aquultic Haplustalfs y Aquic Argiustolls francosos
Banco	Napas de desborde del Holoceno tardío del río Pagüey	Fluventic Haplustepts y Aquic Haplustepts francosos
Bajío	Cubetas de desborde del Holoceno tardío del río Pagüey	Vertic Epiaquepts y Fluventic Epiaquepts arcillosos finos
Cauce abandonado	Cauce sin colmatar del Holoceno tardío del río Pagüey	Typic Ustipsamments y Oxyaquic Ustipsamments, Aquic Haplustepts francosos sobre arenosos
Cauce abandonado	Cauce parcialmente rellenado del Holoceno tardío del río Pagüey	Aquic Haplustepts francosos y Aeric Endoaquepts francosos y arcillosos sobre francosos

*Paullinia densiflora*, *Cecropia peltata*, *Guarea guidonia* y *Luehea seemanii*.

En el segundo estrato, por debajo de 10 metros están: *Guazuma ulmifolia*, *Inga* sp., *Cecropia peltata*, *Trichanthera gigantea*, *Cupania americana* e individuos de las familias Apocynaceae (*Stemmadenia grandiflora*) y Rubiaceae, la cual fue más diversa con el mayor número de especies (4) como *Calycophyllum candidissimum*, *Psychotria horizontalis*, *Faramea occidentalis* y *Gonzalagunia cornifolia*; también están *Sorocea sprucei*, *Cordia collococca*, *Inga interrupta* y *Sapindus saponaria*, *Machaerium humboldtianum*, *Astronium graveolens*, *Adelia ricinella*, *Sapium glandulosum*, *Allophyllus racemosus*, *Vitex* sp., *Atallea butyracea*, *Inga punctata*, *Inga Vera*, *Guarea guidonia*, *Erythroxylum citrifolium*, *Astronium graveolens*, *Trichilia* aff. *pallida*, *Eugenia* sp., *Nectandra turbacensis*, *Albizia caribaea* y *Zygia* sp., *Sapium glandulosum*, *Coccoloba caracasana*, *Luehea seemanii*, *Annona glabra*, *Sterculia apetala*, *Croton fragrans*, *Casearia corymbosa*, *Guapira pubescens*, *Brosimum latescens*, *Samanea saman*, *Bixa urucurana*, *Annona jahnii* (abundante en regeneración), *Drypetes variabilis*, *Casearia sylvestris*, *Casearia* sp., *Spondias monbim*, *Lonchocarpus* sp., *Erythroxylum* aff. *macrophyllum* y *Tabebuia rosea*.

El sotobosque está conformado por densas colonias de la palma *Bactris major* e individuos de

*Piper tenue*, helechos como *Adiantum petiolatum*, *Ligodium volubile* *Asplenium* sp. y elementos trepadores como *Tetracera volubilis* ssp. *volubilis* y *Cynanchum* sp., además se consiguen *Psychotria cartaginensis*, *Tabernaemontana siphilitica* y colonias de *Heliconia psittacorum*, *Thalia* sp. e *Ischnosiphon leucophaeus* ssp. *ramosus*, también se encuentran *Monstera* sp. y elementos epífitos de la familia Orchidaceae y *Peperomia angustata*.

**B) CAÑO CARIBITO:** recorre cubetas de desborde y de decantación del Holoceno temprano del río Santo Domingo, las cuales estaban bajo vegetación de sabana, excepto por angostos bosque de galería a lo largo del caño. El tramo superior del caño Caribito está cercano a la planicie del Holoceno tardío del río Santo Domingo, la cual estaba en su mayor parte bajo vegetación de bosque en 1960 (Veillón 1976). El tramo inferior del caño está cercano a la planicie del Holoceno tardío del río Pagüey. En general la topografía es plana con ligeras ondulaciones por efecto del entalle, el microrelieve es liso, las pendientes son inferiores a 1%, el drenaje ocurre desde imperfecto hasta muy pobre, la posición geomorfológica es de napas y cubetas de desborde, se presentan suelos con capas arcillosas compactas de 30 a 75 cm de profundidad de textura variada y son del orden entisol (Tabla 2).

De acuerdo con los criterios utilizados para la clasificación local de la vegetación del área, se distinguieron tres tipos de formaciones inducidas por las intervenciones o posiblemente por las

**Tabla 2. Unidades morfopedológicas a lo largo de caño Caribito.**

Forma de terreno	Posición geomorfológica	Clasificación de los suelos a nivel de familia
Banco	Napas de desborde y explayamientos de ruptura del Pleistoceno Superior del río Santo Domingo	Aquultic Haplustalfs francosos
Bajío	Cubetas de desborde del Pleistoceno Superior del río Santo Domingo	Aeric Albaqualfs y Aeric Vertic Albaqualf arcillosos finos
Bajío	Cubetas de desborde y de decantación del Holoceno temprano del río Santo Domingo	Aeric Chromic Vertic Epiaqualfs arcillosos finos y Ustic Epiaquepts arcillosos muy finos
Banco	Napas de desborde del Holoceno temprano del río Santo Domingo	Aquic Haplustalfs francosos
Bajío	Cubeta de desborde del Holoceno temprano del río Santo Domingo cubierta por una capa delgada de sedimentos de caño el Barro	Aeric Chromic Vertic Epiaqualfs arcillosos finos
Banco	Napas de desborde del Holoceno tardío del río Pagüey	Fluventic Haplustepts y Aquic Haplustepts francosos
Bajío	Cubetas de desborde del Holoceno tardío del río Pagüey	Vertic Epiaquepts y Fluventic Epiaquepts arcillosos finos

características edáficas y pedogenéticas del caño, como son bosque semidecíduo, el cual está muy fragmentado, matorral arbustivo y sabana arbustiva inducida con especies forrajeras introducidas. La comunidad presenta un estado sucesional de vegetación secundaria, la cual está influenciada por cultivos, pastizales y explotación petrolera.

El bosque semidecíduo está dominado por *Faramaea occidentalis*, *Cupania americana* e *Inga punctata*; presenta una marcada intervención, su densidad de cobertura es de media a rala y altura desde 3 hasta 25 m. Se pueden definir dos estratos; un estrato entre 3 y 10 m conformado por especies como: *Annona jahnii*, *Faramaea occidentalis*, *Triplaris caracasana*, *Casearia* sp., *Platymiscium pinnatum*, *Zanthoxylum* sp., *Guazuma ulmifolia*, *Sorocea sprucei*, *Randia* sp., *Guapira pubescens*, *Inga punctata*, *Dyospiros inconstans* y *Cupania americana*. El otro estrato, por encima de los 10 m, está conformado por: *Attalea butyracea*, *Pradosia caracasana* (como especie emergente), *Albizia* sp., *Licania apetala* var. *apetala* y *Triplaris caracasana*. También se colectaron elementos arbóreos de *Lonchocarpus* sp. Entre las familias más importantes se tienen Fabaceae (Papilionaceae) con 6 especies seguida por Flacourtiaceae y Polygonaceae con 3 especies y por último Mimosaceae y Rubiaceae, con dos especies cada una.

El matorral arbustivo presenta densidad rala y una altura de cobertura que no supera los 6 m, las plantas se encuentran juntas formando como una especie de macolla de matas. Se distingue un solo estrato en el cual se presentan elementos de la Familia Myrtaceae como la especie *Eugenia biflora* y *Casearia corymbosa* de la familia Flacourtiaceae, las cuales son dominantes. También se presentan pequeñas aglomeraciones de *Bactris major*, e individuos de las familias Euphorbiaceae (*Margaritaria nobilis*), Annonaceae (*Annona purpurea*), Connaraceae (*Connarus venezuelanus* var. *orinocensis*), Nyctaginaceae (*Neea amplifolia*), Sapindaceae (*Paullinia cururu*) Flacourtiaceae (*Hecatostemon completus*), Polygonaceae (*Coccoloba ovata* y *Coccoloba* sp.), Rutaceae (*Zanthoxylum* sp.) y una especie de Apocynaceae aún no identificada, también se observaron individuos de *Guazuma ulmifolia* (como especie

pionera), *Samanea saman*, *Randia* sp., el arbusto *Cassia aculeata*, muy dispersos y la orquídea terrestre *Brassalova cucculata*. La mayoría de las especies mencionadas se corresponden con elementos florísticos característicos de ambientes tipo matorral altamente intervenidos y no se presentan en los otros puntos muestreados.

La sabana arbustiva se presenta como una fisonomía general de herbazal antrópico muy intervenido y una altura de cobertura por debajo de 1 m en 90% del área. Desde el punto de vista florístico se evidenció la presencia de gran cantidad de malezas arbustivas y semi-arbustivas, pastos introducidos que abarcan el mayor porcentaje de área estudiada (85%) y algunas especies arbóreas muy dispersas. Entre las especies encontradas se pueden mencionar las gramíneas *Urochloa* sp., *Hyparrhenia rufa*, *Axonopus anceps*, *Andropogon selloanus*, *Panicum purpuracens*, *Hymenachne amplexicaule* y varias especies de *Paspalum* sp., entre otras. Entre las especies arbustivas y sufrútices se encontraron *Cassia aculeata*, *Mikania micrantha*, *Hyptis suaveolens*, *Clitoria dendrina*, *Blechum pyramidatum*, *Urena sinuata* y diferentes especies de *Mimosa* sp., *Vernonanthera brasiliana*, *Helicteres guazumaefolia*, *Merremia umbelata*, *Borreria densiflora*, varias especies del género *Desmodium*, entre ellas *Desmodium incanum*, también están *Centrosema pubescens*, *Stylosanthes guianensis*, *Indigofera lespedezioides*, *Crotalaria* sp., *Scoparia dulcis*, *Sida* sp. e *Hydrolea spinosa*, entre otras. Se encontraron varias especies arbóreas muy dispersas como: *Sterculia apetala*, *Samanea saman*, *Anacardium excelsum* y *Cordia* spp.

**C) CAÑO JABONCILLO:** ocupa la planicie de explayamiento del Pleistoceno superior del río Santo Domingo, donde predomina la vegetación de sabana. En general la topografía es plana con ligeras ondulaciones por efecto del entalle, el microrelieve es liso, las pendientes son inferiores a 1%, el drenaje es imperfecto, la posición geomorfológica es de cubetas de desborde, los suelos predominantes son de textura variada (Tabla 3).

La vegetación del área presenta formación boscosa muy dispersa que en algunos tramos es bosque ralo semidecíduo y matorral claro intervenido o rastrojo sucesional producto de las

Tabla 3. Unidades morfoedológicas a lo largo del caño Jaboncillo.

Forma de terreno	Posición geomorfológica	Clasificación de los suelos a nivel de familia
Banco alto	Eje de explayamiento	Kandic Paleustalfs francosos finos
Banco medio	Explayamiento de ruptura	Kandic Paleustalfs francosos finos
Banco bajo	Napa de desborde y explayamientos de ruptura	Aquultic Haplustalfs y Oxyaquic Haplustalfs francosos finos
Bajío	Cubetas de desborde	Aeric Albaqualfs y Aeric Vertic Albaqualf arcillosos finos

intervenciones, en otros tramos se presenta como una franja muy angosta de aglomeraciones de la palma *Bactris guineensis*, la cual es dominante, también son comunes las especies *Ardisia foetida*, *Cordia toqueve*, *Zanthoxylum fagara*, *Ocotea bofo* y *Nectandra pichurin*.

La densidad es rala y una altura de cobertura ente 1 y 7 m. Las especies encontradas son comunes en los otros caños. Entre las familias más importantes se encuentran Flacourtiaceae con 3 especies, seguida de Lauraceae y Arecaceae con 2. También se encontraron *Sterculia apetala*, *Vigna adenantha*, *Coccoloba* aff. *ovata*, *Hecatostemom completus*, *Passiflora foetida*, *Connarus venezuelanus*, *Licania apetala*, *Casearia corymbosa*, *Nectandra pichurin*, *Eugenia oerstedeana*, *Hyparrhenia rufa*, *Neea* sp., *Picramnia* sp., *Ardisia foetida*, *Cordia toqueve*, *Zanthoxylum fagara*, *Ocotea bofo*, *Ficus* sp., *Securidaca coriacea*, *Coccoloba* sp., *Randia Formosa* y *Desmoncus orthacanthos*. También se encontraron especies acuáticas de las familia Hydrocharitaceae y de los géneros *Eichornia* sp. y *Tipha domingensis*.

Los suelos a lo largo del caño Morrocroy en general tienen mejor drenaje que los suelos a lo largo de los caños Caribito y Jaboncillo. También tienen mejores características físicas debido al predominio de texturas medias y horizontes poco compactado por los procesos pedogenéticos. A lo largo de los caños Caribito y Jaboncillo son comunes horizontes compactos con estructura prismática grande. También son comunes suelos con arcillas expansibles (Aeric Vertic Epiaqualfs arcilloso fino y Aeric Vertic Albaqualf arcilloso fino).

La vegetación en caño Morrocroy está más definida en cuanto a su estructura vertical y

horizontal, presenta una fisonomía más específica de bosque, las especies tienen mayor tamaño y sotobosque denso posiblemente debido a las características edáficas y pedogenéticas favorables. Sobre este respecto, Zambrano (1995) indicó que las diferencias en la composición florística de cada bosque se debe fundamentalmente al grado de intervención y en menor grado a las condiciones edáficas mientras que Tuomisto *et al.* (1994; 1995) y Fajardo *et al.* (2005), señalan que las diferencias entre bosques muy cercanos posiblemente están relacionadas con las diferencias del paisaje (relieve) y a las características físicas y químicas de los suelos.

Por otra parte, la vegetación de los caños Caribito y Jaboncillo presentaron una intervención más marcada y fragmentada sin una estructura bien definida e individuos de baja altura, lo cual originó que en algunos sectores se presentaban formaciones arbustivas y de sabana, que favoreció la diferencia en la composición florística entre ellos.

## REFERENCIAS

- Alverson, W., Moskovits, D. y J. Shopland. 2000. Bolivia: Pando, Río Tahuamanu, Rapid Biological Inventories Report 1:1-79.
- Aymard, G. 2013. Aspectos de la diversidad y conservación de los bosques húmedos macro térmicos de Venezuela (Desde Volmark Vareschi hasta el presente). En: Medina, E., Huber, O., Nassar, J. y Navarro, P. (Eds). Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela. Ediciones IVIC (Instituto venezolano de investigaciones científicas) Caracas, Venezuela. 57-77 pp.
- Aymard, G. y Cuello, N. 1999. Composición florística y estructura de los bosques situados



- en las áreas adyacentes al embalse Boconó-Tucupido. Sectores Quebrada Los Higuerones-Cerro Negro, estado Portuguesa. Proyecto Protección de la Biodiversidad en las Sierras altas, piedemontes y Bosque de Planicie. Convenio Unellez-Gobernación de Portuguesa. 34 p.
- Aymard, G. y González, V. 2007. Consideraciones generales sobre la composición florística y diversidad de los bosques de los Llanos de Venezuela. *In*: de Stefano, D., Aymard, G. y Huber, O. (Eds.). Catálogo Anotado e ilustrado de la Flora Vasculare de los Llanos de Venezuela. FUDENA-Fundación Polar-FIBV, Caracas, Venezuela. pp. 59-72.
- Chernoff, B., Machado-Allison, A., Karen R. and Jensen M. 2003. A Biological Assessment of the Aquatic Ecosystems of the Caura River Basin, Bolivar State, Venezuela. Rapid Assessment Program (RAP). Bulletin of Biological Assessment (28). 284 pp.
- Ewel, J. y Madriz, A. 1968. *Zonas de vida de Venezuela*. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Primera edición. Ministerio de Agricultura y Cría - FONAIAP. Caracas.
- Fajardo, L., González, V., Nassar, J., Lacabana, P., Portillo, C., Carrasquel, F. and Rodríguez, J. 2005. Tropical Dry Forests of Venezuela: Characterization and Current Conservation Status. *BIOTROPICA* 37(4): 531-546.
- Farreras, J. y Aymard, G. 2011. Estructura, composición florística y diversidad en bosques secos situados al sur-este del estado Barinas, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 29: 3-17.
- Figuroa, V. 2011. Los bosques secos de la costa oriental del lago de Maracaibo, estado Zulia. Venezuela. *BioLlania* (Edic. Esp.) 10:189-196.
- Holdridge, L. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Sci. Center San José, Costa Rica. 206 p.
- Huber, O. y Alarcón, C. 1988. Mapa de vegetación de Venezuela, con base en criterios fisiográfico-florísticos. 1:2.000.000. MARNR, The Nature Conservancy, Caracas.
- Montambault, J. and Missa, O. (eds.). 2002. A Biodiversity Assessment of the Eastern Kanuku Mountains, Lower Kwitaro River, Guyana. RAP Bulletin of Biological Assessment 26. Conservation International, Washington, DC. 86 p.
- Pacheco-Angulo, C., Aguado, I., y Mollicone, D. 2011. Las causas de la deforestación en Venezuela: un estudio retrospectivo. *Biollania* (Edic. Esp.) 10:281-292.
- Paredes, A. 1997. Importancia de los bosques ribereños en el piedemonte andino y los llanos altos occidentales de Venezuela. *Biollania* 13: 47-66.
- Portillo-Quintero, C. y Sánchez-Azofeifa, G. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143:144-155.
- Proyecto Inventario Nacional de Tierras (PINT). 1979. Los excesos de aguas superficiales en los Llanos Occidentales. MARNR, Programa Inventario Nacional de Tierras. Serie de Informes Científicos Zona 2/IC/23. Maracay. 85 p.
- Proyecto Inventario Nacional de Tierras (PINT). 1985. Inventario nacional de tierras llanos occidentales. MARNR, Programa Inventario Nacional de Tierras. Serie de Informes Científicos Zona 2/IC/63. Maracay. Tomos 1 y 2, 532 p.
- Richards, P. 1983. The three-dimensional structure of tropical rain forest. *In*: Sutton, S., Whitmore, T. & Cladwasck A. (Eds.). *Tropical rain forest: Ecology and management*. Blackwell Pub. Oxford. U.K. pp 3-8.

- Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. Agriculture handbook 18. U. S. Department of Agriculture. Washington, DC. 437 p.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy. Agriculture handbook 436. U. S. Department of Agriculture. Washington, DC. 872 p.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Twelfth Edition, U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington, DC. 372 p.
- Tuomisto, H., Linna, A. and Kalliola, R. 1994. Use of digitally processed satellite in studies of tropical rain forest vegetation. *Int. J. Remote Sensing* 15(8): 1595–1610.
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Kalliola, R., Lanka, A., Danjoy, W. and Rodríguez, Z. 1995. Dissecting Amazonian diversity. *Science* 269: 63–66.
- Veillón J. 1976. Las deforestaciones en los llanos occidentales de Venezuela desde 1950 hasta 1975. In: Hamilton, L., Steyermark, J., Veillón J. y Mondolfi, E. (Eds.) *Conservación de los bosques húmedos de Venezuela*. Sierra Club-Consejo de Bienestar Rural. Caracas, Venezuela. 97-110 pp.
- Zambrano, M. 1995. Evaluación preliminar de la Biodiversidad en relación a la fisiografía y suelos en los bosques de galería de los caños Merecure y Farrandaca. Municipio Sucre estado Barinas, Venezuela. Proyecto de Aplicación de Conocimientos. Programa de Recursos Naturales Renovables. UNELLEZ-Guanare. 56 p.
- Zinck, A. y Stagno, P. 1966. Estudio edafológico de la zona Santo Domingo-Pagüey, estado Barinas. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Guanare. 304 p.

# ANÁLISIS PRELIMINAR DE SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL SECTOR GARCITAS, MUNICIPIO PAPELÓN, ESTADO PORTUGUESA\*

## Preliminary analysis of sustainability of agricultural systems at Garcitas sector, Papelon Municipality, Portuguesa State

Félix Salamanca<sup>1</sup>, Yumaris Arias<sup>1</sup>, Carlos Aponte<sup>1</sup>, Pedro Salazar<sup>1</sup> y César Zambrano<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se diagnosticó la sustentabilidad de sistemas agrícolas, sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa, mediante análisis de información de carácter social, productivo, económico y ambiental obtenida a través de encuesta estructurada y observación *in situ*, entre febrero y marzo de 2015, en siete productores clave. El tiempo promedio del propietario con la finca fue 10 años, 57% de productores vive en la finca. El sistema que prevalece (71%) es ganadería doble propósito, en 83% de las fincas el ordeño es manual/apoyo con becerro, existe moderada producción de leche (4,38 L/ vaca/día), 10 vacas en ordeño y baja productividad (1,49 L/ha/día), con limitadas prácticas de higiene y elaboración de queso (100%) sin exigencias sanitarias. La diversidad promedio fue cuatro y tres especies animales domésticas y cultivos agrícolas, respectivamente. Existe producción de especies piscícolas como cachamote (*Colossoma Macropomum* x *Piaractus Brachypomus*) y coporo (*Prochilodus mariae*) (29%) en lagunas de tierra (50 x 25 m), la principal limitante en piscicultura es la consecución de alimento balanceado. La superficie promedio de las fincas fue 29 ha (7 a 57 ha), 9 potreros/finca, baja carga animal (0,93 UA/ha). Se destinan 1,57 ha para cultivos agrícolas y 0,83 ha de reserva natural en 43% de las fincas. Hay escasa presencia de cercas vivas (29%). En todas las fincas se preservan árboles en potreros principalmente drago (*Dracaena draco*), roble (*Platymiscium pinnatum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), dividivi (*Caesalpineia coriara*), jebe (*Hevea brasiliensis*), jobo (*Spondias mombis*), araguaney (*Tabebuia crisantha*) y samán (*Samanea saman*). Se detectó vertedero de basura en la principal vía del sector, uso de agroquímicos, medicamentos terapéuticos y disposición inadecuada de excretas de animales y residuos. Se recomienda incrementar el uso de cercas vivas, siembra de arbustos forrajeros, compostaje y uso de excretas y residuos agrícolas como abono orgánico, incrementar el área de reserva natural y de cultivos agrícolas y pasto de corte, para favorecer la sustentabilidad de estos sistemas de producción.

**Palabras clave:** eficiencia, ganadería bovina, ambiente, Venezuela.

### ABSTRACT

The agricultural sustainability systems was diagnosed at Garcitas sector, Papelón Municipality, Portuguesa State, through productive, economic, social and environment information analysis obtained through structured and *in situ* observation survey, between february and march 2015, in seven key producers. The average time of the owner with the farm was 10 years, 57% of farmers living on the farm. The system that prevails (71%) is dual purpose livestock, milking / calf support (83%), there is moderate production (4.38 L cow / day), 10 milking cows and low productivity (1.49 L/ha/day), with limited hygiene practices and cheese making (100%) without sanitary control requirements. The average diversity was four and three species domestic animals and crops, respectively. Fish (*Colossoma Macropomum* x *Piaractus Brachypomus* and *Prochilodus mariae*) production (29%) in earthen ponds (50 x 25 m), the main constraint on aquaculture is the achievement of balanced feed. The farms surface was 29 ha (7-57 ha), 9

(\*) Recibido: 05-04-2015

Aceptado: 01-09-2015

<sup>1</sup>Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. felsalam@gmail.com; y\_u\_maris@hotmail.com; carlosmanuel.apontemarquez@gmail.com; pesala59@gmail.com; czambrano33@gmail.com

paddock/farm, low stocking rate (0.93 AU/ha). 1.57 ha on agricultural crops are used and 0.83 ha of natural reserves on 43% of farms. There is little presence of hedges (29%). Trees in pastures (100%) are preserved predominantly *Dracaena draco*, *Platymiscium pinnatun*, *Guazuma ulmifolia*, *Caesalpinea coriara*, *Hevea brasiliensis*, *Spondias mombis*, *Tabebuia crisantha* and *Samanea saman*). Landfill was detected in the main road of the sector, use of agrochemicals, therapeutic drugs and improper disposal of animal excreta and waste. It is recommended to increase the use of hedges, planting fodder shrubs, composting, and use of manure and agricultural waste as organic fertilizer, increasing the natural reserve area, and agricultural crops and grass cutting, to promote the sustainability of these production systems.

**Key words:** efficiency, cattle, environment, Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial exige el incremento constante de la producción de alimentos. En países en desarrollo el consumo de carne es inferior a 10 kg/persona/año, lo cual es deficiente y causa subnutrición. El consumo de carne bovina a nivel mundial ocupa el tercer lugar después de aves y cerdo.

En Venezuela, Riera (2000) informó que el patrón de producción-consumo de carnes, depende de la situación económica, políticas, sistema de comercialización y preferencia de los consumidores, mientras que Nouel (2009) expresó que el consumo de leche es 80 L/año/persona (deseable es 120 L). El consumo de carne de res disminuyó 13% entre 2012 y 2014, de 51,64 a 44,62 g/día/persona, respectivamente (Noticiaaldía 2015). Según Barboza (2014) el país cuenta con 12 millones de reses y debería contar con 30 millones y el consumo anual de carne supera 550.000 t.

Nieto *et al.* (2014) refirieron que al garantizar el alimento mediante mayor producción ganadera, se presentan desafíos como efectos en el cambio climático y recursos naturales. Incrementos en producción puede implicar ampliación de la frontera agrícola (deforestación), tecnologías inapropiadas, sobre-explotación o practicas no conservacionistas.

Es conocido que las explotaciones bovinas tienen repercusión en el calentamiento global por la emisión de gases a la atmosfera e impacto sobre el ambiente mediante vertidos al suelo y aguas. Los animales expulsan entre 60 y 80% del nitrógeno y fósforo que ingieren, respectivamente (Van Horn *et al.* citados por Herrero y Gil 2008) y los principales

gases de efecto invernadero que liberan son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Garzón y Cárdenas (2013) informaron que además ocurre lixiviación de nitratos y volatilización de amoniaco.

Adicionalmente, los altos costos de insumos y el uso indiscriminado de agroquímicos para incrementar la producción puede resultar antieconómico (Pacini *et al.* 2003). Para revertir este escenario es necesario reconvertir la producción ganadera a pastoreo, mediante la realización de cambios importantes en los sistemas ganaderos, para lograr una mayor productividad y generación de bienes sociales y servicios ambientales (regulación hídrica, captura de carbono y conservación de la biodiversidad), en forma simultánea con el incremento de la cobertura vegetal.

La FAO (2015) definió el desarrollo agrícola sostenible como la gestión y conservación de recursos naturales y una orientación del cambio tecnológico que garantice el logro de la continua satisfacción de las necesidades naturales para las actuales y futuras generaciones. Una agricultura sostenible conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales; no degrada el ambiente y es técnicamente apropiada, económicamente viable y socialmente aceptable. Bustillos-García y Martínez-Dávila (2008) indicaron que el desarrollo sostenible es una directriz política internacional, una necesidad urgente de la humanidad para proteger el planeta, por ello un importante sector de las acciones de política internacional están dirigidas a establecer control sobre el uso racional de los recursos y las externalidades que generan.

El objetivo de este trabajo fue analizar de manera preliminar la sustentabilidad de sistemas agrícolas en el sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa, caracterizado como un bosque seco tropical, está ubicado entre 08° 40' 58" y 09° 04' 19" N y 68° 32' 38" y 69° 41' 20" O. Precipitación media anual de 1.313 mm, cuyo régimen pluviométrico define dos periodos: el seco (diciembre – abril) y el lluvioso (mayo – noviembre), temperatura media anual de 26,3 C°, humedad relativa de 76 %, vientos de 5,9 km/h e insolación media de 5,9 h/día.

El proceso de diagnóstico se realizó mediante visitas directas e intercambio con siete productores clave, uno con cargo en organismo oficial, todos pertenecían al Consejo Comunal y son nativos de la zona. La información se recolectó mediante encuesta estructurada de 56 preguntas, aplicada directamente (Mettrick 1999), con criterios de carácter social, productivo, económico y ambiental y observación in situ, entre febrero y marzo 2015. El proceso de estructuración del instrumento de la entrevista se fundamentó en la integración de criterios entre especialistas en múltiples disciplinas (sistemas agrosilvopastoriles, piscicultura, producción vegetal, sanidad animal, extensión agrícola y producción de leche).

La encuesta se confeccionó en función de las siguientes partes centrales: información relativa al propietario, características físicas de las fincas,

fuerza de trabajo, organización y tecnología del sistema, y parámetros ambientales. Los datos se analizaron mediante los estadísticos descriptivos media, desviación estándar, porcentaje, valores mínimos y máximos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se resume información sobre el perfil del productor agrícola en el sector Garcitas, el grupo familiar es pequeño y en promedio lleva 10 años al frente de la unidad de producción (1 a 22 años), tiempo relativamente corto si se compara con otros estudios efectuados en el estado Portuguesa (Salamanca 2005; Camargo 2008; Camargo y Colmenares 2009). La mayoría (71%) manifestó distribuir el 50% de los ingresos en el grupo familiar, de acuerdo con el trabajo realizado. Un porcentaje relativamente bajo (57%) de los productores vive en la finca y percibe que sus descendientes se interesan por las actividades desarrolladas en el sistema de producción (relevo generacional). Forero *et al.* (2013) informaron que en fincas pecuarias en la Cordillera Oriental de Colombia (zona rural de Bogotá), el 65% de los productores consideraron que a los jóvenes no les interesa relevar la generación precedente. Indicaron que esta situación debilita la promoción de proyectos de innovación, en los cuales los jóvenes tienen papel fundamental.

En el sector predomina la actividad pecuaria (71%) y la mayoría de los productores (86%) desarrolla sus actividades con contratación de personal temporal.

El 70% de los productores están organizados en asociaciones relacionadas con las actividades

**Tabla 1. Perfil laboral del productor en sistemas agrícolas, sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa.**

Concepto	Promedio	ds	Máximo	Mínimo
Grupo familiar (n)	1,71	0,76	3	1
Tiempo en la finca (años)	10,14	6,49	22	2
	<b>Si (%)</b>		<b>No (%)</b>	
Vive en la finca	57		43	
Trabaja el grupo familiar en la finca	71		29	
Distribución de ingresos (jefe/grupo familiar)	71 (50/50)		29 (75/25)	
Percibe relevo generacional	57		43	
Pertenece a organización de productores	70		30	
Contrata personal fijo	43		57	
Contrata personal temporal	86		14	
GDP como principal actividad productiva	71		29	

ds = desviación estándar; GDP=ganadería de doble propósito.

pecuarias. Ortega *et al.* (2007) refirieron que entre los factores relacionados con aspectos inherentes al ganadero que impactan la eficiencia técnica de los sistemas de producción de doble propósito están la experiencia y presencia del productor en la finca.

### Uso de la superficie de las fincas

En la Tabla 2 se observa que la superficie promedio de las fincas es relativamente pequeña (29,36 ha) con amplia variación (7 - 56,5 ha) y casi toda el área la dedican a la ganadería (93,2%); situación similar (90%) encontraron Borges *et al.* (2013) en fincas de los Valles de Aroa (Yaracuy, Venezuela). También Osechas y Becerra (2009) en fincas en Táchira, Trujillo, Mérida y Zulia obtuvieron 92% de ocupación por pastizales.

Los productores destinan en promedio 1,57 ha para cultivos y la reserva de vegetación natural es escasa (0,83 ha). Casanova-Lugo *et al.* (2011) señalaron que el cambio de uso del suelo contribuye principalmente a la emisión de gases de efecto invernadero y que una estrategia sustentable son los Sistemas Agroforestales (SAF), donde los árboles o arbustos interactúan (biológica y económicamente) en una misma superficie con cultivos o animales. Razz y Clavero, citados por Casanova-Lugo *et al.* (2011) informaron que este sistema adiciona materia orgánica, protege al suelo de la erosión, son fuente de alimento y sombra para los animales, contribuyen a la biodiversidad y a la captura de CO<sub>2</sub>. Una práctica favorable de los productores (100%) del sector Garcitas es la conservación de

árboles en los potreros, sin embargo, la implementación y difusión de SAF es necesaria en el sector.

En promedio el 33,77% del área de las fincas corresponde a bancos, en el área restante se presentan limitaciones de pastoreo en la época de lluvia. El área de bancos es muy variable (0,4 a 70%).

### Manejo de Potreros

La mayoría de los informantes (86%) manifestó que tiene sembrado pasto introducido, con predominio de humidícola (*Brachiaria humidicola*), tanner (*B. radicans*), barrera (*B. decumbens*) y estrella (*Cynodon nlemfluensis*). Se encontró promedio de 9 potreros/finca (2,33 ha/potrero) (Tabla 3). Camargo (2008) reportó potreros de 9 ha en fincas del sector Hoja Blanca, municipio Guanarito; Salamanca y Colmenares (2011) en Papelón reportaron 6 potreros de 6 ha en promedio; mientras que Osechas y Becerra (2009) encontraron el mismo comportamiento en fincas del occidente de Venezuela, comentaron que el pastoreo rotacional en potreros de menor tamaño favorece la calidad del forraje a largo plazo y contribuye a la sustentabilidad porque se produce alimento en la finca a bajo costo.

La división de potreros es favorable porque implica menos compactación de suelo (favorece la infiltración, aireación y actividad biológica) debido a menor pisoteo. Para el control de malezas, 86 %

**Tabla 2. Uso de la superficie en fincas, sector Garcitas, municipio Papelón.**

	Promedio	ds	Máximo	Mínimo
Superficie de la finca (ha)	29,36	17,05	56,5	7
Superficie para ganadería (ha)	27,36	16,56	53	6
Superficie para agricultura (ha)	1,57	2,07	5	0
Superficie para reserva natural	0,83	1,04	2,8	0
Área de banco (%)	33,77	23,74	70	0,4

ds = desviación estándar.

**Tabla 3. Manejo de potreros en sistemas doble propósito, sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa.**

Concepto	Promedio	ds	Máximo	Mínimo
Número de potreros	9,29	4,89	18	2
Tamaño de los potreros	2,33	1,54	5	0,5
Carga real (UA/ha)	0,93	1,21	1,8	0,35
Días de uso	8,14	3,89	15	2
Fertilizante kg/ha/año	74,6	70	200	0

ds: desviación estándar.

de los encuestados utiliza productos químicos y 71 % fertiliza los potreros a razón de 75 kg/ha/año. Esta dosis es baja y no representa riesgos ambientales, aunque no practican análisis de suelo. Vale resaltar que no existe maquinaria agrícola en las fincas, el 100% de los productores contrata el servicio.

Todos los productores conservan árboles en potreros y están conscientes de los beneficios (sombra, fruto, follaje, conservación del agua). Navas (2010) señaló que los árboles propician microclimas (de 9 a 2 °C menos) que reduce el estrés calórico en los animales e incrementa el tiempo de pastoreo. Los informantes indicaron que las especies arbóreas que predominan en los potreros son drago (*Dracaena draco*), roble (*Platymiscium pinnatun*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), dividivi (*Caesalpinea coriara*), jebe (*Hevea brasiliensis*), jobo (*Spondias mombis*), araguaney (*Tabebuia crisantha*) y samán (*Samanea saman*).

El uso de cercas vivas es una práctica escasa, solo 29% de los productores tiene cercas con árboles y arbustos. Se debe fomentar para mejorar la oferta de forraje, bienestar animal y diversidad biológica. Tobar y Muhaamad (2010) encontraron que las cercas vivas multiestrato favorecieron la biodiversidad en la región Pacífica Central de Costa Rica.

## Componente animal y producción

La población bovina existente es de tipo mestizo, doble propósito (leche y carne), el manejo reproductivo es por monta natural con aceptable proporción vaca-toro, ordeño manual con apoyo del becerro y escasas prácticas higiénicas en el ordeño.

La producción promedio de leche fue 4,38 L/vaca/día (Tabla 4). Estos resultados son superiores a los obtenidos en el sector Guayabal del municipio Papelón, en los cuales se reportó rango de 2,4 – 4,0 L/vaca/día (Arias *et al.* 2011). De igual manera, Camargo y Colmenares (2009) informaron 4 L/vaca/día en rebaños del municipio Guanarito; mientras que Salamanca (2005) encontró 2,83 L/vaca/día en el sector Ojo de Agua de Papelón. Páez *et al.* (2003) encontraron en el municipio Páez (Edo Apure) una producción de leche de 3,8 L/vaca/día. Alvarado *et al.* (2002) evaluaron el funcionamiento tecnológico de 10 fincas pequeñas doble propósito leche-carne del municipio Torres, estado Lara y reportaron valores mínimo y máximo de 1,50 a 5,80 L/vaca/día.

En la Tabla 5 se muestran algunas características que determinan el nivel tecnológico y el destino de la producción de leche; se observa que está afectado el uso óptimo de los recursos, avance técnico, la salud animal y en consecuencia

**Tabla 4. Componente animal y producción de leche en fincas del sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa.**

Concepto	Promedio	ds	Máximo	Mínimo
Total vacas (n)	20,20	3,2	25	16
Vacas ordeño (n)	9,60	7,9	22	0,3
Toros (n)	1,40	0,6	2	1
Beceros(n)	7,20	5,6	15	0
Prod. leche (L/día/vaca)	4,38	2,38	6,6	0

ds=desviación estándar.

**Tabla 5. Características técnicas observadas en las fincas ubicadas en el sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa.**

Concepto	Descripción
Crédito para apoyar la producción	57% posee crédito (FONDAS)
Asistencia técnica	Ningún programa de asistencia técnica
Destino de la leche	100% para la elaboración de queso
Usa alimento comercial (AC)	100% suplementa el ganado (AC/sal/melaza/minerales)
Incentivos por control sanitario	Ningún incentivo
Pruebas sanitarias que realiza al ganado	Escasamente la prueba de brucelosis (43%)
Certificado de salud Animal	No se exige. 85% tiene certificado de vacuna contra fiebre aftosa y rabia

la producción de las fincas. Páez *et al.* (2003) encontraron deficiente manejo sanitario en fincas del municipio Páez (Apure), informaron alta incidencia de brucelosis, leptospirosis y rinotraqueitis bovina.

Todos los productores suplementan el rebaño con alimento balanceado, melaza, sal y minerales. Rodríguez (2013) encontró en la Cuenca del Sur del Lago de Maracaibo, que el suplemento alimenticio es muy difundido (80,18%) en ganadería de doble propósito.

### Parámetros ambientales

Todos los productores recurren al uso indiscriminado de antibióticos para tratamiento de enfermedades infectocontagiosas en los animales (Tabla 6). Por falta de asesoramiento técnico es posible que las dosis y periodos de uso del medicamento no sean apropiados, lo que causaría menor eficiencia y desperdicio del producto, además la existencia de residuos de antibióticos en la leche crea problemas de resistencia antibiótica en

la población consumidora de leche. Al respecto, Máttar *et al.* (2009) en el municipio Montería (Colombia), encontraron presencia de antibióticos (penicilina, oxitetraciclina y cloramfenicol) en el 25% de muestras de leche cruda. Calificaron tal situación como uso indiscriminado y riesgo para la salud pública.

El uso de productos químicos como antibióticos, vermífugos o herbicidas tienen efectos mutagénicos y tóxicos en invertebrados, vertebrados, plantas y animales (Martínez y Lumaret 2006), lo cual puede tener efecto directo sobre la biodiversidad en el sistema y la respuesta productiva de los animales.

El número de especies de animales y vegetales comestibles es reducido (Tabla 6), en consecuencia se debe diversificar la producción para mejorar la sustentabilidad de esas explotaciones. Es necesario promover sistemas de producción con mayor diversidad de cultivos adaptados a la zona, por superficie en el tiempo, de

**Tabla 6.** Parámetros ambientales en fincas del sector Garcitas, municipio Papelón, estado Portuguesa.

Concepto	tipo	Descripción
Uso de Antibióticos	Emicina y oxitetraciclina	100% lo usa como control y tratamiento de enfermedades en el rebaño.
Biodiversidad	Número de especies animales domésticas	Promedio por finca de 4,14 especies animales, con fines productivos, para autoconsumo y trabajo.
	Número de especies vegetales	Promedio por finca de 2,43 especies vegetales (ocumo, yuca, topocho, quinchoncho, maíz), cultivadas con fines de autoconsumo y alimentación animal.
Estiércol	Excretas de bovinos principalmente	Escaso uso estratégico del estiércol, 28% lo usa como fertilizante para las lagunas de piscicultura; 28% para fertilizar huerto familiar; el resto lo desecha en el terreno sin aprovechamiento.
	De lagunas	30% utiliza el agua para riego de potreros y consumo animal 71% posee infraestructura piscícola y 29% está en funcionamiento (cachama blanca: <i>Colossoma macropomum</i> y coporo: <i>Prochilodus mariae</i> ).
Agua	Aguas residuales/tanques de almacenamiento/sala de ordeño	100% drenaje natural de aguas servidas a los potreros; uso de tanquillas recolectoras.
	Aguas servidas domésticas	70% las vierte directamente al terreno; 30% las conduce a través de tanquillas de recolección.
	Pozos o perforaciones	Consumo humano y animal. Sin control de calidad
Suelo	Incorporación de restos vegetales	El material vegetal producto de la poda o cosechas se deja directamente en el terreno para su descomposición.
	Desnudo	50% fincas presentan parches de suelo desnudo (época seca).
	Preparación	Se usa el tractor, rolo argentino y rastra para la labor agrícola y control de malezas.



modo que se eleve la productividad (Gravina y Leyva 2012).

Las lagunas construidas para la producción piscícola se sub-utilizan, ya que la consecución del alimento balanceado comercial es una limitante. Para aprovechar la infraestructura piscícola, se debe garantizar el alimento de los peces, lo que propicia diversificación de la producción animal.

Ningún productor aprovecha el estiércol acumulado para fertilizar los potreros y pocos lo usan para fertilizar lagunas de piscicultura (28%) o huertos familiares (28%). Aprovechar este recurso implica mayor producción de forraje y menor contaminación; Herrero y Gil (2008) informaron que la acumulación de excretas causa importante impacto ambiental, porque se concentran en áreas reducidas y son fuente de nutrientes, metales pesados, drogas veterinarias y patógenos. El escaso uso estratégico del estiércol constituye una limitante para el aprovechamiento del principio de la trilogía suelo-planta-animal, para un reciclaje más eficiente (Gravina y Leyva 2012).

Todos los productores se surten de agua mediante perforaciones o pozos construidos cerca de las instalaciones de la finca y del área donde pernocta el ganado. Al respecto Pinos-Rodríguez *et al.* (2012), expusieron que el agua subterránea es contaminada por excretas ganaderas directamente a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas.

## CONCLUSIONES

El sistema de producción que predomina en el sector Garcitas es la ganadería doble propósito; no todos los propietarios viven en la finca y tienen poco tiempo ejerciendo la actividad pecuaria en la zona.

Los planes sanitarios del rebaño y las medidas higiénicas del ordeño son deficientes, con una baja producción de leche en el periodo evaluado; la leche se destina a las queseras donde no hay exigencias en la calidad de la leche y control sanitario del rebaño.

Los productores se basan en su propia experiencia y la de vecinos para la ejecución de

técnicas en el manejo de potreros, rebaño, producción de leche y prácticas conservacionistas, ya que no cuentan con asesoramiento institucional.

La diversidad de animales y vegetales aprovechables en las fincas es baja, lo que compromete la productividad y por ende la sustentabilidad de estos sistemas de producción.

Entre los aspectos resaltantes que no contribuyen a la conservación del ambiente se encontraron: pocas áreas destinadas a reserva natural, pocas cercas vivas, uso inadecuado de medicamentos terapéuticos y disposición inadecuada de excretas animales, y residuos vegetales o domésticos.

## RECOMENDACIONES

Incrementar el uso de cercas vivas, siembra de arbustos forrajeros, compostaje, uso de excretas y residuos agrícolas como abono orgánico, ampliar el área de reserva natural y de cultivos agrícolas y pasto de corte, entre otros, para redimensionar la sustentabilidad de estos sistemas de producción.

Promover con los entes gubernamentales programas de extensión agrícola en aspectos como el silvopastoreo, piscicultura, sanidad animal y producción para promover sostenibilidad de los sistemas.

## REFERENCIAS

- Alvarado, A., Paredes L. y Capriles, M. 2002. Estudio funcional de pequeños sistemas doble propósito en el municipio Torres del estado Lara (estudio de casos). *Revista Científica FCU-LUZ XII(2): 644-649.*
- Arias, Y., Méndez, R. y Escalona, E. 2011. Caracterización de los sistemas doble propósito bovinos en el sector Guayabal municipio Papelón. *Memorias XIX Jornadas Técnicas de Investigación, III de Postgrado y I del Consejo Regional Universitario de Portuguesa. 17-18-10-2011 (en DC).*
- Barboza, R. 2014. Producción nacional cubre menos del 50% del consumo de carne. *El*

- Venezolano (diario en línea). En: <http://elvenezolanonews.com/produccion-nacional-cubre-menos-del-50-del-consumo-de-carne/> (26-6-2014). [consulta: febrero de 2015].
- Borges, J., Bastardo, Y., Carrillo, H., Barrios, M., Sandoval, E., Sánchez, D. y Márquez, O. 2013. Caracterización del subsistema pastizal en fincas Doble Propósito del Valle de Aroa, estado Yaracuy, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 31 (2). (Revista en línea). En: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692013000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692013000200003&script=sci_arttext) [consulta: mayo de 2015].
- Bustillos-García, L. y Martínez-Dávila, J. 2008. Factores político – económicos y culturales que inciden en el desarrollo sustentable de la ganadería doble propósito. En González – Stagnaro, C., Madrid – Bury, N. y Soto – Belloso, E. (eds). *Desarrollo sostenible de la ganadería doble propósito*. Fundación Girarz. Ed. Astro Data S.A. Maracaibo, Cap III: 37 – 45.
- Camargo, M. 2008. Patrones tecnológicos forrajeros de fincas doble propósito de Hoja Blanca, municipio Guanarito, estado Portuguesa. *Rev. Unell. Cien. Tec.* 26:22-32.
- Camargo, M. y Colmenares, O. 2009. Caracterización de sistemas de bovino doble propósito en Veguitas-Corozal y Sabana Seca, municipio Guanarito, estado Portuguesa. *Rev. Unell. Cien. y Tec.* 27:1-8.
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J. y Solorio-Sánchez, J. 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Rev. Chapingo* 17 (1). (revista en línea). En: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-32312011000100013&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-32312011000100013&lng=es&nrm=iso) [consulta: abril de 2015].
- FAO. 2015. *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles*. Principios y Enfoques. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. 50 pp. (documento en línea. En: <http://www.fao.org/3/a-i3940s.pdf> [consulta: mayo de 2015].
- Forero, C., Rojas, G. y Arguelles-Cárdenas, J. 2013. Capital social y financiero en la adopción de tecnologías ganaderas en zonas rurales altoandinas de Colombia. *Corpoica cienc. Tecnol. Agropecu.* 14(2). (revista en línea) En: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062013000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062013000200004&script=sci_arttext) [consulta: abril de 2015].
- Garzón, J. y Cárdenas, E. 2013. Emisiones antropogénicas de amoníaco, nitratos y óxido nítrico: compuestos nitrogenados que afectan el medio ambiente en el sector agropecuario colombiano. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 60 (2). (revista en línea). En: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-29522013000200006&script=sci\\_abstract&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-29522013000200006&script=sci_abstract&lng=es) [consulta: febrero de 2015].
- Gravina, B. y Leyva, A. 2012. Utilización de nuevos índices para evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema en la República Bolivariana de Venezuela. *Cultivos Tropicales* 33(3): 15-22.
- Herrero, M. y Gil, S. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecol. Austral (Argentina)*: 18(3). (revista en línea). En: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2008000300003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300003) [consulta: febrero de 2015].
- Martínez, M., y Lumaret, J. 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomol. Mex.* 45 (1): 57-68.
- Máttar, S., Calderón, A., Sotelo, D., Sierra, M. y Tordecilla, G. 2009. Detección de antibióticos en leches: un problema de salud pública. *Rev. Salud Pública* 11(4): 579- 591.

- Mettrick, H. 1999. Investigación agropecuaria orientada al desarrollo. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay/Centro Internacional de Investigación Agropecuaria Orientada al Desarrollo. Serie D N° 38: 232 p.
- Navas, A. 2010. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria* 19:113-122.
- Nieto, M., Guzmán, M. y Steinaker, D. 2014. Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. *RIA. Rev. Investí. Agropec.* 40 (1):92-101.
- Noticia al día. 2015. Entre 2012 y 2014 bajó el consumo de carne en Venezuela, según el INE. (periódico en línea). En: <http://noticiaaldia.com/2015/01/entre-2012-y-2014-bajo-el-consumo-de-carne-segun-el-ine/> [consulta: abril de 2015].
- Nouel, G. 2009. La ganadería bovina de doble propósito, una alternativa para reducir el déficit lácteo en Venezuela?. *Ganadería*. (publicación en línea). En: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/manejo/articulos/ganaderia-bovina-doble-proposito-t2379/p0.htm> [consulta: marzo de 2015].
- Ortega, L., Ward, R. and Andrew, C. 2007. Technical efficiency of the dual-purpose cattle system in Venezuela. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 39(3): 719.
- Osechas, D. y Becerra, L. 2009. Estrategia de manejo de pastizales para la producción sustentable en fincas doble propósito en el occidente de Venezuela. *Bioagro* 21 (2): 125-132.
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C. and Huirne, R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture. Ecosystems & Environment* 95(1): 273 – 288.
- Páez, L., Linares, T., Sayago, W. y Pacheco, R. 2003. Caracterización estructural y funcional de fincas ganaderas de doble propósito en el municipio Páez del estado Apure, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 21(3): 301-323.
- Pinos-Rodríguez, J., García-López, J., Peña-Avelino, L., Rendón-Huerta, J., González-González, C. y Tristán-Patiño, F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia* 46 (4). (revista en línea). En: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004) [consulta: marzo de 2015].
- Riera, T. 2000. Elasticidad de la demanda de carne en Venezuela. *Gaceta Ganadera*. (Septiembre). No 171.
- Rodríguez, A. 2013. Prácticas de manejo de pastizales y producción de leche en la Cuenca del Lago de Maracaibo. In: Perozo, A. (ed.) *Manejo de pastos y forrajes tropicales. Cuadernos Científicos Girarz* 13: 1-19.
- Salamanca, F. 2005. Arreglos estructurales y funcionales de bovino doble propósito del asentamiento campesino " Ojo de Agua" en Papelón estado Portuguesa. Tesis MSc, UNELLEZ. pp 6-12.
- Salamanca, F. y Colmenares, O. 2011. Manejo del recurso forrajero en el sector Ojo de Agua, Papelón – estado Portuguesa. *Rev. Unell. Cien.Tec.* 29:47-53.
- Tobar, D. y Muhaamad, I. 2010. ¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios?. *Revista de Biología Tropical (Costa Rica)* 58 (1): 447-463.

## ARTÍCULO RESEÑA

# CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO DE BAJA PRESIÓN ASISTIDO POR LA APLICACIÓN “RILO” V-4.27\*

**Technical considerations for the design of drip irrigation systems low pressure aided application "Rilo" V-4.27**

José Gabriel Vargas<sup>1</sup> y Nelys Escobar<sup>2</sup>

### RESUMEN

Los sistemas de riego por goteo de alta presión, requieren el uso de electricidad y demandan un alto costo en emisores y equipos presurizados. En contraste, el riego por goteo a baja presión aprovecha la diferencia de altura entre la fuente y el campo, para proporcionar la carga necesaria durante la ejecución del riego. RILO v-4.27 es un modelo paramétrico que utiliza los datos suministrados para realizar los cálculos necesarios para el diseño de sistemas de riego por goteo con depósitos de poca altura (SRGDPA). El presente trabajo fue basado en análisis bibliográfico de los diferentes parámetros requeridos para el correcto diseño de SRGDPA mediante la aplicación RILO v-4.27. En este sentido, se sugiere emisores autocompensantes con Coeficiente de Uniformidad > 90%, Coeficiente de Variación de fabricación < 10%, Coeficiente de descarga = caudal, Exponente de descarga < 0,5 (régimen de flujo = turbulento). Para el diseño agronómico se recomienda el modelo CropWat o tanque evaporímetro tipo “A” en el cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de referencia, el documento FAO N° 56 para el Coeficiente de cultivo, ecuaciones que consideren la Infiltración Básica y el valor de descarga del emisor para determinar el Diámetro del Bulbo Húmedo. El método de velocidad máxima se recomienda para el dimensionamiento de tuberías. Por último, para el diseño hidráulico la presión de operación ideal es 2,43 mca (23,8 kPa), pero en términos prácticos se sugiere una altura del depósito > 1 m.

**Palabras clave:** riego por goteo, baja presión, depósitos de poca altura.

### ABSTRACT

The high pressure drip irrigation systems require the use of electricity, and it demands a high cost in emitter and pressurized equipment. In contrast, low pressure drip irrigation uses the difference in height between the source and the field to provide the necessary load during the execution of irrigation. RILO v-4.27 is a parametric model using data supplied to perform the calculations required for the design of drip irrigation systems with deposits of low high (SRGDPA). This work was based on bibliographic analysis of the different parameters required for the proper design of SRGDPA by applying RILOs v-4.27. In this sense, it is suggested self-compensating emitters with uniformity coefficient > 90% Coefficient of Variation manufacturing < 10%, coefficient download = flow, download exponent < 0.5 (flow regime = turbulent). For agronomic design is recommended the CropWat model or tank evaporation "A" in calculating Reference

---

(\*) Recibido: 24-11-2014

Aceptado: 19-06-2014

<sup>1</sup> Maestría en Manejo de Recursos Agua y Suelo. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. vargasjoseg@gmail.com

<sup>2</sup> Escuela Técnica Agropecuaria “Oscar Villanueva”, Guanare 3350, Po. Venezuela

---

Crop Evapotranspiration, FAO document No. 56 for the crop coefficient, equations that consider the Basic Infiltration and the emitter value of discharge to determine the Diameter Wet Bulb. The maxim speed method is recommended for sizing pipelines. Finally, for the hydraulic design ideal operating pressure is 2.43 mca (23.8 kPa), but in practical terms a height reservoir > 1 m it suggested.

**Key words:** drip irrigation, low pressure, low-rise warehouses.

## INTRODUCCIÓN

Razuri (1988) previó que el riego por goteo constituiría una de las mejores alternativas para el aprovechamiento agrícola, pero señaló su alto costo como su mayor limitante. No obstante, los SRGDPA representan una alternativa viable, ya que basan su aprovechamiento en la diferencia de altura entre la fuente de abastecimiento y el campo a regar, para proporcionar la carga necesaria que garantice que el agua llegue a todos los puntos de humedad dispuestos en el terreno (Gruber *et al.* 2007), reducir la presión de trabajo y evitar el uso de equipos de bombeo.

Por otra parte, España *et al.* (2007) aseguraron que constantemente se presentan en el mercado equipos y herramientas con nuevas tecnologías, pero advirtieron sobre la inadecuada difusión tecnológica, ya que los diseños son elaborados sin considerar las condiciones locales. No obstante, Rodrigues *et al.* (2009) enfatizaron sobre la importancia de la modernización y aumento de la capacidad de producción de los pequeños agricultores, a través del uso de nuevas tecnologías y técnicas de producción basadas en criterios técnicos con la eliminación de aspectos empíricos.

RILO es un programa de distribución libre ([www.elregante.galeon.com](http://www.elregante.galeon.com)) para el diseño de SRGDPA, concebido para fomentar el desarrollo de huertos familiares, escolares y de pequeños agricultores. Además, para responder las interrogantes comunes al implantar estos sistemas, como la altura necesaria para el depósito, las presiones mínimas de trabajo de filtros, válvulas, red principal y las líneas de goteros o laterales, así como la influencia de la pendiente topográfica.

Rázuri *et al.* (2005) afirmaron que los modelos de simulación virtual son generalmente utilizados con fines educativos o científicos, pero presentan muy poca utilidad en cultivos comerciales, por lo que Aldaya *et al.* (2008) aseguraron que los modelos virtuales de simulación son generalmente presentados como físicamente válidos, pero advirtieron sobre la necesidad de realizar análisis de componentes para utilizarlos de manera adecuada y segura. El objetivo del presente trabajo fue describir las consideraciones técnicas para el diseño de SRGDPA asistido por la aplicación “RILO” v-4.27.

### Parámetros técnicos a considerar en el diseño de SRGDPA

Los parámetros requeridos por la aplicación RILO v-4.27 son: a) la selección del emisor: que incluye el coeficiente de uniformidad (CU), el coeficiente de variación de fabricación (CV), la ecuación característica de los emisores y régimen de flujo; b) el diseño agronómico: con el cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) y diámetro del bulbo húmedo (DBH); c) dimensionamiento de las tuberías, y d) la determinación de la presión de operación y de la altura de carga.

#### I.- Selección del emisor

##### a) Coeficiente de uniformidad

Wu y Barragán (2000) afirmaron que el objetivo fundamental en el diseño de cualquier sistema de riego, es el requerimiento de uniformidad. La aplicación RILO v-4,27 considera el CU de los emisores, en a) el diseño agronómico; para efectuar el cálculo de las necesidades totales de agua y en b) el diseño hidráulico; para definir los

límites en que se permite la variación de caudales de los emisores.

En relación a los Microtubos (MT), Vergara y Espinoza (2001) los definieron como goteros artesanales de largo recorrido y destacaron la ventaja de su bajo costo, a la vez que advirtieron la susceptibilidad a obturaciones, que el caudal de salida tiene una marcada dependencia con su longitud, y además, que son muy sensibles a los cambios de temperatura y presión, lo que afecta la uniformidad en la entrega del caudal. A este respecto, Gruber *et al.* (2007) determinaron el CU mediante la ecuación de Christiansen (Villafañe 1998) para MT y reportaron valores generales entre 86,3 y 93,8 %.

No obstante, Rodrigues *et al.* (2009) encontraron mayores diferencias en el CU, pero calculados a partir de la ecuación de Kruse (Kruse 1978) con valores entre 62 y 95%, al evaluar el desempeño técnico de MT y lo atribuyeron a su proceso artesanal de elaboración y montaje del sistema, entre otros. Además, advirtieron que los valores del CU para MT pueden presentar una alta variabilidad, ya que la estandarización del emisor no garantiza uniformidad de la aplicación de agua, por lo tanto, aseguraron que su valor debe ser determinado con anterioridad a su utilización.

En el caso de los Goteros Convencionales (GC) la aplicación demanda una serie de parámetros que caracterizan su funcionamiento, los cuales deben ser suministrados por el fabricante, para reducir el riesgo de diseño con criterios empíricos como puede suceder en el caso de los MT. No obstante, en ocasiones estos parámetros no son suministrados en los catálogos o fichas técnicas, por lo tanto, deben ser calculados *in situ* a partir de evaluaciones de desempeño de acuerdo con lo señalado en la norma NMX-O-082-SCFI-2001 (SDE 2001). Por su parte, Tijerina (1999) categorizó el cálculo del CU según el método de riego y señaló la siguiente ecuación para riego por goteo:

$$CU = 100 * \left[ 1 - \left( \frac{1,27 * CV}{e} \right) \right] * \frac{qn}{qa}$$

Donde:

CU = Coeficiente de uniformidad

CV = El coeficiente de variación de fabricación del emisor.

e = El número de emisores de los que recibe agua cada planta.

qn = Gasto mínimo del emisor que corresponde a la presión mínima.

qa = Gasto medio de todos los emisores considerados.

### b) Coeficiente de Variación de fabricación

La variación en la fabricación de un emisor es otro factor que influye en la uniformidad de distribución en un SRGDPA (Da Silva *et al.* 2005). No obstante, Paz *et al.* (2006) afirmaron, que es difícil conseguir que todos los goteros de un mismo modelo proporcionen el mismo caudal a la misma presión.

Por otra parte, Gruber *et al.* (2007) aseguraron que el CV se presenta como un valor dinámico que está afectado por la variación en la carga hidráulica. Por lo tanto, el valor dado por el fabricante corresponderá a una carga hidráulica específica (denominada Presión Nominal; 100 kPa= 10,2 mca). Así, el CV implica diferencias en los caudales debido a variaciones en la fabricación del gotero y no debe ser mayor de 5 % para goteros de categoría “A”, ni mayor de 10 % para los de categoría “B” (SDE 2001).

No obstante, España *et al.* (2007) reportaron CV de hasta 127,2%, en un estudio realizado para evaluar la eficiencia en la operación de un sistema de riego con goteros NAAN Paz 25. Por su parte, Da Silva *et al.* (2012) calificaron de “inacceptables” a aquellos emisores cuyo CV sea mayor de 15%.

De tal manera, que el alto valor reportado por España *et al.* (2007) sugiere inoperatividad técnica de los emisores. Por otra parte, de acuerdo con la metodología empleada, el cálculo pudiera estar más relacionado con la uniformidad del riego y no con el CV, aunque en ambos casos presentaría sobreestimación porcentual para este parámetro.

### c) Ecuación característica de los emisores y régimen de flujo

Para el caso de los GC, es necesario introducir al sistema, los datos que definen las características y funcionamiento de cada emisor. Esta condición, que particulariza el comportamiento de un emisor, es presentada de forma genérica por Paz *et al.* (2006), a través de la denominada Ecuación Característica del Emisor (ECE). Así, cada emisor está definido por su ECE, de la forma:

$$q = K * H^x$$

La ECE relaciona la presión de operación del emisor (H) con el caudal aportado (Paz *et al.* 2006) mediante parámetros del comportamiento hidráulico imprescindibles para el diseño de las instalaciones de riego, tales como; el coeficiente de descarga “K” (CK), cuyo valor es adimensional, y define la constante de proporcionalidad que caracteriza a cada emisor, y el exponente de descarga “x” (Ex), igualmente adimensional, que define el régimen de flujo, cuyo valor indica la sensibilidad de los emisores a la variación de presión, de forma que cuanto más se aproxime a la unidad, el régimen hidráulico más se acerca al laminar y mientras más se aleje, el régimen es turbulento.

Los valores CK y Ex deben ser suministradas por el fabricante y en el caso de MT, el programa los ajusta en función de su longitud. Sin embargo, en el Manual RILO se sugiere un valor de Ex = 0 para goteros autocompensantes, pero Muñoz (2004) reportó este valor como teórico (perfectamente autocompensante). De tal manera, que el valor ideal para Ex es 0,5 ó inferior (Universitat Jaume 2009), pero en la práctica existen diferentes desviaciones de ese exponente, y la expresión se extrae de experimentación, ajustando los resultados a curvas de este tipo, por lo que no siempre tendrá el valor de 0,5.

A este respecto, Gruber *et al.* (2007) reportaron regímenes de circulación turbulento, con valores de Ex de 0,713 y 0,6267, en dos tipos de emisores artesanales para riego por goteo a baja presión. Sin embargo, si el valor de Ex es elevado,

variaciones pequeñas de la presión, producirán variaciones grandes del caudal, y viceversa (Universitat Jaume 2009). Así, a efectos de la incidencia de la presión sobre el caudal, si el Ex es bajo, el régimen de funcionamiento del gotero será turbulento, además, una variación de presión de 20% produciría una variación de caudal de solo 10% (SDE 2001), lo que permite utilizar laterales de mayor longitud.

Por lo tanto, es recomendable para estos sistemas de riego utilizar los emisores autocompensantes, ya que poseen valores bajos para Ex (menores de 0,5), que los hace menos vulnerables a variaciones de presión. Además, deben preferirse goteros con mayor diámetro de paso (orificio de tránsito del agua) (Gruber *et al.* 2007). Por otra parte, Vergara y Espinoza (2001) sugirieron la elección de goteros autocompensantes para terrenos desnivelados, cintas de riego (en línea) para cultivos de una temporada (tomate, cebolla, melón, entre otros) y mangueras de larga duración con goteros insertados para cultivos de vida extensa (viñas, frutales, entre otros).

## II.- Diseño Agronómico

### a) Calculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia

Chaves (1999) advirtió que una de las etapas obligadas para el diseño, instalación y operación de cualquier sistema de riego por goteo, es la estimación de los requerimientos hídricos del cultivo. Así, los datos ETo son necesarios con antelación al planteamiento de proyectos de riego. En la aplicación RILO v-4.27, debe considerarse la máxima ETo con fines de diseño para el intervalo de riego más corto.

En los sistemas de riego localizado de alta frecuencia, donde prácticamente se riega diariamente, la ETo puede estimarse con base en el valor de la evaporación medida en el tanque evaporímetro tipo “A”, considerando un factor de ajuste de acuerdo con el área sombreada y no con la superficie mojada (Chaves 1999). Sin embargo, este proceso puede ser simplificado mediante el empleo del modelo predictivo llamado *CropWat* (FAO 2003); programa informático que simula los

procesos dinámicos de los sistemas naturales que afectan la producción de los cultivos, para calcular sus necesidades hídricas, cuyo cálculo se basa en datos de suelo, clima y cultivo.

### b) Coeficiente de cultivo

Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de *Penman-Monteith* (P-M) se utiliza solo para la estimación de la tasa de ETo y no para el cálculo de evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) (Allen *et al.* 2006), por lo tanto, la relación ETc/ETo que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente del Cultivo (Kc), se utiliza para relacionar ETc a ETo de la siguiente manera:

$$ETc = Kc \times ETo$$

Trezza *et al.* (2008) definieron el Kc como un valor adimensional, que relaciona los efectos de la transpiración de las plantas y la evaporación que ocurre a partir de las superficies húmedas del suelo. Cevallos (2008), aseguró que el Kc varía de acuerdo al desarrollo del cultivo, por lo que deben considerarse las cuatro etapas de crecimiento propuestas en el documento FAO N° 56, de acuerdo con Allen *et al.* (2006). Sin embargo, con fines de diseño se utiliza el Kc para el periodo de máxima demanda, que corresponde a la fase de mediados de cultivo (Cevallos 2008), por lo tanto, el caudal suele ser sobrestimado en los periodos de inicio de desarrollo y final de cultivo, por lo que se sugiere que la ejecución del riego debe ser realizada de acuerdo al calendario de riego según *CropWat*.

### c) Diámetro del bulbo húmedo

El DBH fue definido por Cevallos (2008) como la dimensión que alcanzará el bulbo de humedad en el suelo generado por las gotas de agua provenientes del gotero, y aseguró que está condicionado por la estructura y textura del suelo, así como por el caudal del gotero y el tiempo de riego. El DBH condiciona la zona humedecida al establecimiento de un buen anclaje radical de las plantas (Holzapfel *et al.* 2007). Chaves (1999)

afirmó que dada la restricción del volumen radical debido al DBH, los sistemas de riego localizado deben ser operados con la frecuencia necesaria que permita mantener la humedad del suelo a un nivel adecuado.

Por otro lado, Holzapfel *et al.* (2007) consideraron que el DBH es uno de los factores más importantes para determinar el número de emisores por planta. Para ello, la aplicación RILO v-4.27 considera valores de DBH para suelos arenosos, Arcillosos y Francos, pero limita su alcance a otras clases texturales. En este sentido, Holzapfel *et al.* (2007), utilizaron ecuaciones que permiten determinar el DBH de los emisores en distintos tipos de suelos y en función de la descarga.

Sin embargo, es necesario manejar una ecuación para cada clase textural de suelo. En este sentido, Cevallos (2008) calculó el DBH adaptado a las necesidades hídricas de cultivos hortícolas, al considerar el valor real de la Infiltración Básica y el valor de descarga del emisor mediante la relación:

$$DBH = \left( \frac{qe}{0,785 * IB} \right)^{1/2}$$

Donde:

qe = caudal del emisor (L h<sup>-1</sup>)

IB = infiltración básica (mm h<sup>-1</sup>)

### III.- Dimensionamiento de Tuberías

Un sistema de riego por goteo está hecho de la combinación de tubos plásticos de diferentes tamaños, que usualmente son considerados como conductos lisos (Megh *et al.* 2006). A efectos de diseño, Megh *et al.* (2006) publicaron cartas (nomogramas) para el cálculo del diámetro en tuberías para líneas principales, secundarias y laterales, para diversas condiciones, cuyo desarrollo se basó en la hidráulica básica de líneas de riego por goteo y con simulación computarizada. No obstante, estas cartas obedecen a condiciones particulares, por lo tanto, su utilización se restringe a casos específicos, lo que obliga al manejo de diferentes cartas en función de cada situación.

Por otra parte, Tapia y Osorio (1999) sugirieron el método de velocidad máxima, como



criterio general para el dimensionamiento de tuberías, que esgrime que en su interior no se produzcan velocidades superiores a  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ ; por su parte, Cevallos (2008) lo utilizó en el diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos hortícolas y cultivos orgánicos, dado por la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{0,236 * Q}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería (m)

Q = Caudal o flujo en la tubería ( $\text{m}^3 \text{ seg}^{-1}$ )

#### IV.-Presión de Operación y Altura de Carga

De acuerdo con la SDE (2001), la presión nominal o presión de referencia, normalmente se ubica en los 10,2 mca (100 kPa) o cualquier otra definida por el fabricante, por lo tanto, para goteros sin autorregulación, y sólo en caso de que no existiese una recomendación al respecto por parte del fabricante, el gasto nominal debe estar referido a esta presión. De tal manera, que en los sistemas convencionales de riego por goteo, las presiones de trabajo para goteros suelen estar alrededor de los 10 mca (Universitat Jaume 2009), sin embargo, los emisores proporcionan un caudal bajo, si han de mantenerse dentro de un margen relativamente estrecho de presiones para su correcto funcionamiento, y para mantener uniformidad en el caudal emitido.

No obstante, los SRGDPA o riego por goteo por gravedad, generalmente no se adecuan a estos niveles de presión. En este sentido, Rodrigues *et al.* (2009) encontraron un caudal medio de  $2,1 \text{ L h}^{-1}$ , al evaluar treinta (30) equipos de riego por gravedad con MT, y determinaron mediante pruebas obtenidas en laboratorio basadas en la relación "caudal : presión", que este caudal correspondió a una carga hidráulica disponible de 2,43 mca (23,8 kPa), sin embargo, en términos prácticos, recomendaron ubicar el depósito a una altura mínima de 1 m para estos sistemas.

En términos generales, los diferentes aspectos técnicos que caracterizan las condiciones operativas de los SRGDPA, deben ser considerados

al momento de ser diseñados mediante el uso de la aplicación "RILO" v-4.27, ya que un diseño con bases empíricas o con datos irreales, podría conducir a una mala gestión del riego y retraso de la transferencia tecnológica.

#### REFERENCIAS

- Aldaya, M., Llamas, M., Garrido, A. y Varela, C. 2008. Importancia del conocimiento de la huella hidrológica para la política española del agua. Encuentros Multidisciplinares 10 (29): 8-20 [Revista en línea]. En: <http://oa.upm.es/2239/>. [consulta: julio de 2010].
- Allen, R., Pereira, D and Smith, M. 2006. Crop evapotranspiration. Serie de Riego y Drenaje. Documento FAO-56. Roma. 322 p. [Libro en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>. [consulta: mayo de 2015].
- Cevallos, C. 2008. Diseño y cálculo de un sistema de riego por goteo para 32 ha de cultivos hortícolas y 5 ha de cultivos orgánicos en El Zamorano, Honduras (Resumen). In Resúmenes de Tesis de Fitotecnia, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. p. 195 [Documento en línea]. En: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IE7ibdtPSDUJ:lamjol.info/index.php/CEIBA/article/download/297/224+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ve>. [consulta: mayo de 2015].
- Chaves, M. 1999. El nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar. In XIII Congreso Nacional de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p. 187-215. [Documento en línea]. En: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:V2znpT6rjsgJ:https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet%3Ffc%3D443%26s%3D1762%26d%3D1744+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ve>. [consulta: mayo de 2015].
- Da Silva, N., De Medeiros, J. e Batista, M. 2005. Avaliação de diferentes modelos, vazoes e

- espaçamentos de gotejadores na irrigação do meloeiro. *Revista Irriga*. 10 (3): 263-271. [Revista en línea]. En: <http://200.145.140.50/index.php/irriga/index>. [consulta: marzo de 2015].
- Da Silva, L., Da Silva, M., Correa, M., Souza, F. e Silva, E. 2012. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 16 (5): p. 480–486. [Revista en línea]. En: [http://www.agriambi.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=11](http://www.agriambi.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=11). [consulta: marzo de 2015].
- España, R., Villegas, J. y Martínez, F. 2007. Eficiencia del sistema de riego por goteo en la unidad de producción San Isidro, Loma de San Miguel, edo. Trujillo. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología* 25: 67-71.
- FAO. 2003. CROPWAT Model. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. Depósito de Documentos. En: [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html). [consulta: mayo de 2015].
- Gruber, L., Blanco, D. y Rojo, E. 2007. Comportamiento hidráulico de dos tipos de emisores artesanales para riego por goteo a baja presión. *Revista BIOAGRO* 19 (2): 79-83.
- Holzappel, E., Abarca, W., Paz, V., Arumi, J., Rodríguez, A., Orrego, X. y López, M. 2007. Selección técnico-económica de emisores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11 (6): 547–556 [Revista en línea]. En: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662007000600001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000600001). [consulta: marzo de 2015].
- Kruse, E. 1978. Describing irrigation efficiency and uniformity. *Journal Irrigation Drainage Division* 104 (01): 35-41.
- Megh, G., Luís, R. y José, P. 2006. Manejo de Riego Por Goteo [Libro en línea]. En: [http://www.ece.uprm.edu/~m\\_goyal/dripirrigation.htm](http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/dripirrigation.htm). [consulta: marzo de 2015].
- Muñoz, R. 2004. Caracterización hidráulica de cuatro marcas de emisores para riego localizado comercializados en Chile. *Trab. Esp. Grado. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca, Talca, Chile.* 61 p. [Documento en línea]. En: [http://www.academia.edu/8089725/caracterizaci%C3%93n\\_hidr%C3%81ulica\\_de\\_cuatro\\_marcas\\_de\\_emisores\\_para\\_riego\\_localizado\\_comercializados\\_en\\_chile](http://www.academia.edu/8089725/caracterizaci%C3%93n_hidr%C3%81ulica_de_cuatro_marcas_de_emisores_para_riego_localizado_comercializados_en_chile). [consulta: marzo de 2015].
- Paz, E., Menna, Z., Chicala, O., Millón, J. y Paz, M. 2006. Investigación en banco de ensayo de componentes de instalaciones de riego presurizado. In *III Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego*, Mendoza, Argentina [Documento en línea]. En: [http://www.riegoyfertirriego.com/III\\_Jornadas/Trabajospresentados/Paz.pdf](http://www.riegoyfertirriego.com/III_Jornadas/Trabajospresentados/Paz.pdf). [consulta: marzo de 2015].
- Razuri, L. 1988. Diseño de riego por goteo. CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- Rázuri, L., Grismaldo, J., Linares, D., Rosales, J., Romero, E. y Hernández, J. 2005. Validación del modelo LEACHM para predecir la salinidad en un suelo del valle de Quibor, con cultivo de cebolla bajo riego localizado. *Revista Forestal Latinoamericana* 2 (38): 97–118.
- Rodrigues, R., Miranda, E., do Nascimento, J., Souza, T. e Mesquita, F. 2009. Irrigação localizada por gravidade em comunidades agrícolas do Ceará. *Revista Ciência Agrônômica* 40 (1): 34-40 [Revista en línea]. En: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/issue/view/16>. [consulta: mayo de 2015].
- SDE. 2001. Goteros para sistemas de riego – especificaciones y métodos de prueba.

- Secretaría de Economía. CDU: 65.060.35. Estado Unidos Mexicanos. Documento en línea. En: <https://www.imta.gob.mx/cotennser/images/normas/nmx-o-082-scfi-2001.pdf>. [consulta: marzo de 2015].
- Tapia, F. y Osorio, A. 1999. Conceptos sobre diseño y manejo de riego presurizado. Comisión Nacional de Riego, Departamento de Proyectos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago de Chile, Chile. p. 27 [Documento en línea]. En: <http://ingenieriaderiego.jimdo.com/>. [consulta: mayo de 2015].
- Tijerina, L. 1999. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Revista Terra Latinoamericana 17 (3): 237-245.
- Trezza, R., Pacheco, Y., Suárez, Y., Núñez, A. y Umbría, I. 2008. Programación del riego en caña de azúcar en una zona semiárida del estado Lara, Venezuela, utilizando la metodología FAO-56. BIOAGRO. 20 (1): 21-27.
- Universitat Jaume. 2009. Riego por Goteo: Fundamentos del diseño. Tema II. Ingeniería Técnica Agrícola. Código 818. Área Mecánica de Fluidos. Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción. Castellón de la Plana, España. 56 p. [Documento en línea]. En: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14913079/riego-por-goteo-fundamentos-del-diseno-comunidad-de-regantes->. [consulta: marzo de 2015].
- Vergara, L. y Espinoza, F. 2001. Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Trabajo para optar al título de ingeniero ejecución mecánico. Universidad de Talca. Talca, Chile [Documento en línea]. En: <http://www.sistemamid.com/preview.php?a=1062>. [consulta: mayo de 2015].
- Villafañe, R. 1998. Diseño agronómico del riego. Editorial Ex - libris. Fundación Polar. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. Pp. 19-21.
- Wu, P. and Barragán, J. 2000. Design criteria formicroirrigation system. Revista Transactions of ASAE. 43 (5): 1145-1154. [Revista en línea]. En: [https://elibrary.asabe.org/toc\\_journals.asp?conf=t&issue=5&volume=43](https://elibrary.asabe.org/toc_journals.asp?conf=t&issue=5&volume=43). [consulta: marzo de 2015].

## ARTÍCULO RESEÑA

### COPOASÚ

(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng) Schum. Sterculiaceae)

Freddy Leal<sup>1</sup>

#### RESUMEN

Copoasú es una especie que se cultiva en la cuenca del Amazonas y que luego fue distribuida por los indios americanos hacia áreas vecinas. Los habitantes de la región han conocido el uso y valor del copoasú desde épocas precolombinas. Tiene una demanda grande en los mercados locales gracias al sabor y aroma de la pulpa de sus frutos, y además porque es fácil de procesar. La pulpa se utiliza en la elaboración de jugos, helados, compotas, cremas, dulces y licores, y de sus semillas se prepara un producto similar al chocolate ("cupulate"). Generalmente ha sido una planta tradicional en la cuenca amazónica, pero como cultivo perenne en los trópicos húmedos, tiene un potencial grande para el agricultor pequeño; de hecho, puede crecer en tierras marginales o como cultivo de cerca, donde demanda pocos insumos, pero requiere de mucha mano de obra. Los recursos genéticos necesarios para su desarrollo existen, pero su conservación es indispensable ya que muchas poblaciones naturales se están perdiendo. Se presentan los problemas hortícolas del copoasú, especialmente los relacionados con sus necesidades ambientales, prácticas culturales y propagación. Se discute el manejo del huerto incluyendo densidad de plantación, fertilización, plagas y enfermedades, cosecha, rendimiento y procesamiento.

**Palabras clave:** copoasú, importancia, horticultura, usos.

#### ABSTRACT

Copoasu is a species that grows in the Amazon basin, and later was distributed by American Indians to neighboring areas. The people from this region have known the use and value of copoasu from pre-Columbian times. It has a large demand in the local market thanks to the flavor and aroma of the fruit pulp, and for the reason that it is easy to process. The pulp is used in the juices preparation, ice cream, jams, creams, sweets and liqueurs, and from its seeds a product similar to chocolate ("cupulate") is prepared. Generally, it has been a traditional plant in the Amazon basin, but as a perennial crop in the humid tropics has potential for the small growers. In fact, it could grow in marginal lands or as a fence crop because it demands few inputs, but it requires plenty hand labor. Genetic resources necessary for development exist, yet their conservation is essential because many natural populations are being lost. Copoasu horticultural problems, especially those related to its environmental requirements, cultural practices and propagation are presented. Orchard management including planting density, fertilization, pests and diseases, harvesting, and processing performance is discussed.

**Key words:** copoasú, importance, horticulture, uses.

---

(\*) Recibido: 06-11-2014

Aceptado: 22-06-2015

<sup>1</sup> Instituto de Agronomía. U.C.V. Facultad de Agronomía. Apartado 4736. Maracay. Aragua. 2101A. flealpinto@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

El copoasú, cupuassu, copuaçu o cacao blanco (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng) Shum. *Sterculiaceae*), es un pariente muy cercano del cacao (*Theobroma cacao* L.) (Cuatrecasas 1964), y es una de las frutas nativas más preciadas de la Amazonía. El nombre de copoasú, copoasú verdadero, cupu, copoasu, copoassú; y sus variantes que utilizan las etnias amazónicas, se derivan del idioma Tupi, donde “kupu” significa “fruta similar al cacao”, y “uasú” que significa “grande” (Cunha 1924).

La fruta es muy apetecida, gracias al sabor y aroma de su pulpa; y, así mismo, por su procesamiento fácil, tanto de forma casera como semi-industrial, lo que despierta gran interés en los mercados locales y regionales. Con su pulpa se elaboran jugos, helados, compotas, cremas, dulces y licores; con su semilla se obtiene un producto parecido al chocolate, en polvo o en tabletas, denominado “cupulate” o “chocolate blanco”; y su aroma volátil podría ser extraído, con la posibilidad de satisfacer en parte, la industria de aromas y sabores nuevos (Arkcoll 1990).

Hasta los años 60's los frutos consumidos en la Amazonía eran provenientes de patios y huertas caseras, o de la actividad puramente extractiva de plantas silvestres o de plantas cultivadas sin alguna práctica agronómica; pero, con el incremento de su demanda aumentó el establecimiento de plantaciones en la región, en especial para suplir los mercados locales y regionales (Venturieri 2002). El copoasú tiene un potencial muy grande, para transformarse en uno de los cultivos con mayor potencial para los trópicos húmedos, siempre y cuando se lleven a cabo las investigaciones agronómicas y de mercadeo necesarias.

Gracias a su aroma y sabor, la fruta del copoasú tiene una demanda grande en los mercados de Puerto Ayacucho, San Fernando de Atabapo, La Urbana, Caicara y otros pueblos vecinos; pero esta demanda permanece insatisfecha; por ello, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (I.N.I.A.) y la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, desarrollan trabajos de investigación y extensión agrícola, que

permitan ampliar su cultivo, elevar los niveles de producción, y así, poder satisfacer los mercados que demandan el producto.

## Origen y distribución

Desde épocas precolombinas, los indígenas americanos que habitan la cuenca amazónica, conocían la utilidad del copoasú, habiéndolo distribuido a lo largo de los grandes ríos del área. Su utilización fue por muchos años para el autoconsumo o para el intercambio; y, posteriormente, el consumo local fue satisfecho, exclusivamente como producto del extractivismo.

Ducke (1946) considera al copoasú como un cultivo precolombino; sin embargo, por la diversidad que se halla en los bosques del sureste amazónico, no son muy diferentes de las formas que se encuentran bajo cultivo; lo que sugiere, que los indígenas americanos hicieron muy poco por su domesticación y que aún se encuentra en etapa de domesticación incipiente (Venturieri 2002).

En Brasil, se encuentra espontáneamente, en las matas de tierra firme y varzea alta, en la parte este y sur del estado de Pará, abarca las áreas medias de los ríos Tapajós, Xingú y Guamá, hasta alcanzar el noreste del estado de Maranhão, principalmente en los ríos Turiaçu y Pindaré (Ducke 1946; Souza *et al.* 1996); en la parte alta del río Itacaiúnas, y frecuentemente cultivada en todo el estado de Pará, en la parte oriental del estado Amazonas hasta Manaus, y en el norte de Maranhão (Ducke 1946; Calzavara *et al.* 1984; Smith *et al.* 1992), *grosso modo*, esta región es considerada por Cuatrecasas (1964) como su centro de origen y dispersión. Así mismo, está distribuido ampliamente en toda la cuenca amazónica, en especial, a orillas de los grandes ríos en Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, donde acompaña la penetración colonizadora.

En Venezuela, el copoasú se encuentra principalmente en los estados Amazonas y Bolívar (Sánchez y Jaffé, 1989; Leal *et al.* 1999), y en el resto del país en algunas colecciones y jardines.

## Taxonomía y Botánica

*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum. *Sterculiaceae*

*Bubroma grandiflorum* Willd. Ex Spreng.  
*Guazuma grandiflora* (Spreng.) Don  
*Theobroma speciosum* Willd.  
*Theobroma macrantha* Bernoulli  
*Theobroma silvestre* Spruce ex Schum.

Es un árbol erecto, con una altura media de 6 a 10 m, pero puede llegar a los 20 m (en estado silvestre); con un diámetro de copa de alrededor de 4 a 7 m, y un grosor de tallo de unos 45 cm a altura del pecho. Las plantas cultivadas no se diferencian de las silvestres, a no ser por tener un porte menor (Ducke 1946), y están caracterizadas por un fuerte *indumentum* castaño en ramitos, flores y frutos. De tronco ortotrópico con ramificaciones tricotómicas, o sea que cada rama se divide en tres partes y así sucesivamente, su corteza con estrías y de color marrón oscuro. Hojas enteras, simples, coriáceas, de 25 a 35 cm de largo y de 10 a 15 cm de ancho, con ápice acuminado y base redondeada, con márgenes enteros o sinuosos, generalmente tomentosa, de color verde brillante en la haz y verde amarillenta en el envés; con pecíolos cortos, y las hojas jóvenes son de color rosado.

Las inflorescencias axilares o extra axilares, son cimbras pequeñas que tienen de 1 a 5 flores y son producidas solamente en las ramas plagiotrópicas, principalmente en las ramas más jóvenes. Flores caulifloras, las más grandes en el género y, de allí el epíteto príncipe de su nombre científico; y, éstas se presentan en las ramas, con pedúnculos de 1 a 3 cm, de coloración rojiza; cáliz con 5 sépalos triangulares libres o parcialmente unidos, gruesos, triangulares; corola con 5 pétalos, cada uno con su base en forma de capuchón y una parte superior laminar, subtrapezoidal o suborbicular de color rojo oscuro, ligada al capuchón por una porción estrecha; 5 estaminodios, triangulares-lingüiformes, de color rojo oscuro; 5 estambres, localizados en el interior del capuchón, con 3 anteras biloculares; ovario pentagonal, obovado con 5 lóculos multiovulados.

El fruto es una baya anfisarca (fruto revestido de una cáscara dura que tiene la parte central carnosa), es el más grande en el género *Theobroma*; posee un pedúnculo corto y grueso, tomentoso, marrón oscuro, que se hiende en la maduración; tiene extremidades obtusas o redondeadas, con un diámetro de 9 a 15 cm y un largo de 10 a 40 cm;

peso variable entre 200 a 4 000 g; epicarpio con un espesor promedio de 7 mm, de color castaño oscuro, duro, quebradizo, tomentoso con pelos ferruginosos, y con mesocarpo esponjoso, blanco o blanco amarillento. Pulpa abundante, ácida, de sabor muy agradable. Semillas en número de 15 a 50, superpuestas en torno a la placenta y longitudinalmente dispuestas en relación al largo del fruto, ovoides u ovoides-elipsoidales, de 2,0 a 3,0 cm de longitud y de 2,0 a 2,5 cm de ancho y 1,0 a 1,8 cm de espesor, con peso de 4 a 7 g. La pulpa constituye cerca del 35 a 40% del peso del fruto, las semillas un 15 a 20 %, y la cáscara un 40 a 45% (Cuatrecasas 1964; Calzavara *et al.* 1984; Duarte Ribeiro 1995; Souza *et al.* 1996)

### Exigencias edafoclimáticas

El copoasú se desarrolla bien en suelos arcillosos o arcillo-arenosos, preferentemente a lo largo de los ríos (especie riparia), a la sombra de otros árboles (Calzavara 1980), y en áreas con precipitación alta y con buena distribución. En general, las condiciones para su desarrollo son aquellas del trópico húmedo, donde las temperaturas medias varían entre 22° y 28° C, la humedad relativa entre 65 y 93% y la precipitación anual entre 1 800 y 3 100 mm (Müller *et al.* 1995). En las fases iniciales de su crecimiento necesita de sombra, pero cuando adulta soporta sombra parcial, o puede cultivarse a plena exposición con altas densidades de siembra, de manera que ocurra un autosombreamiento (Leal *et al.* 1999).

### Recursos genéticos

La mayor diversidad genética se encuentra en el Estado de Pará, en Brasil, donde existen plantas con frutos de formas, tamaños, rendimiento de pulpa, espesor de cáscara, acidez, tamaño y forma de las semillas, diferentes; así mismo, se encuentran tipos bien definidos con frutos sin semillas, con mayor rendimiento de pulpa y menor acidez, y de sabor poco intenso, con la desventaja, de que la fecundación (“cuajado”) es baja en éstos frutos, por problemas de compatibilidad (Smith *et al.* 1992; Villachica 1996).

Por otro lado, es indispensable la búsqueda de tipos resistentes a la “escoba de bruja” (*Crinipellis perniciosa*), tal como lo ha hecho EMBRAPA en

Brasil, que dispone de accesiones aparentemente resistentes o tolerantes a esta enfermedad, utilizadas en sus programas de mejoramiento (Alves *et al.* 1997).

El establecimiento de un banco de germoplasma de esta especie en Venezuela es indispensable.

### Cultivares

Basados en la forma del fruto y en la presencia de semillas se consideran los cultivares siguientes (Calzavara *et al.* 1984; Müller *et al.* 1995):

- a. Copoasú redondo, con cáscara de 6 a 7 mm de espesor y un peso promedio de 1,5 kg, posee sus frutos con ápice redondeado, son los más comunes.
- b. Copoasú mamorana, posee los frutos con el ápice comprimido, en pico o punta, o extremidades alargadas, con cáscara de 7 a 9 mm de espesor y un peso promedio de 2,5 a 4,0 kg; es el cultivar que produce los frutos de mayor peso.
- c. Copoasú mamau, de forma redonda, posee frutos sin semilla, con cáscara de 6 a 7 mm de espesor y un peso promedio de 1,5 kg.

### Selección del cultivar

El cultivar seleccionado debe ser precoz, tener una vida útil larga (>15-20 años), frutos grandes con producciones altas, en lo posible que sea bífero (dos cosechas anuales); con un porcentaje alto de pulpa, porte bajo, y resistente a plagas y enfermedades; de manera que, para el establecimiento de una huerta es necesario producir plantas de calidad muy buena, ya que esto es determinante para las producciones futuras.

### Propagación

#### Selección de frutos

La variabilidad del copoasú es grande; de manera que, en una misma planta se presentan frutos de tamaño variable, por eso se aconseja, escoger los mayores y bien formados, de plantas seleccionadas (Calzavara 1980).

Las semillas tampoco son uniformes, pues varían en forma, tamaño y peso; al igual que otras plantas frutales, en copoasú las semillas más grandes y más pesadas forman los satos más robustos, por ello se recomienda seleccionar las semillas de este tipo inmediatamente después que se remueve la pulpa de la semilla (Calzavara 1980).

### Propagación sexual

#### Producción de plantas, o de portainjertos o patrones

Después de extraídas las semillas del fruto, se les remueve el mucílago manualmente, ya que éste inhibe la germinación. Para semillas numerosas, el mucílago puede ser removido gracias a una fermentación muy ligera por 12-24 horas, de esa manera la germinación comienza a los tres-cuatro días de sembradas. Si no se remueve totalmente el mucílago, la germinación de las semillas toma unos 12-17 días. Como regla general, las semillas deben sembrarse de inmediato, ya que se deshidratan rápidamente, pues son del tipo recalcitrante, y como consecuencia pierden la viabilidad muy pronto.

La siembra de las semillas puede realizarse de tres maneras:

- a. Siembra directa en el campo: allí se siembra una semilla por hoyo, a unos 2 cm de profundidad, apenas germinen es necesario sombrearlas con hojas de palma, o bien, se podría aprovechar la sombra del bosque natural, o la siembra de algún cultivo permanente asociado. Este método no es muy recomendado pues exige de muchos cuidados fitosanitarios, y demanda mucha mano de obra.
- b. Siembra en bolsas plásticas negras: las bolsas más usadas son aquellas de 11-18 cm de diámetro por unos 22-32 cm de altura. El sustrato para llenar la bolsa debe ser compuesto de 3 partes de tierra fértil, una parte de arena y una parte de estiércol descompuesto, y por cada m<sup>3</sup> de esta mezcla se le agregan unos 3-4 kg de superfosfatos simples y 0,5-1,0 kg de cloruro de potasio, ó 1 kg de 10-30-10. La mezcla de suelo final debe ser desinfectada con Basamid o agua hirviendo. En las bolsas, se coloca 1 semilla a

una profundidad de unos 2 cm; pero es necesario que al germinar se suministre alguna sombra. Las bolsas se pueden mantener en canteros hasta el momento de la siembra al sitio definitivo o se injerten; esto es, cuando las plantas tengan entre 25-30 cm de altura.

- c. Siembra en canteros para su posterior siembra al campo. Los canteros se preparan con unos 15 cm de altura, de 1,0 a 1,2 m de ancho, y del largo que sea necesario. El sustrato del cantero se prepara de igual forma que la mezcla que se usa para llenar las bolsas plásticas; en el cantero las semillas se siembran en surquitos de unos 2 cm de profundidad, espaciados unos 15 -20 cm, y con siembra continua (“chorro corrido”). Las semillas se cubren con tierra del cantero, e inmediatamente se riega (“riego de asiento”), y se puede cubrir con tela de coleteo o con pasto picado. Las semillas germinarán en unos 10-18 días a niveles de un 90% y a los 30 días después de la germinación se le hace un entresaque, y cuando tienen unos 10-12 cm de altura se trasplantan a bolsas plásticas, y se llevan al sitio definitivo, o se injertan. Después de un período de 6-8 meses, las plantas están listas para ser sembradas en el terreno definitivo.

### Propagación asexual

Métodos diversos han sido utilizados en la propagación vegetativa por injertos del copoasú (Calzavara *et al.* 1984; Venturieri *et al.* 1986/1987; Duarte Ribeiro 1995; Villachica 1996); esta técnica permite la selección de cultivares (clones) con frutos de calidad alta, más precoces, con una floración temprana, y una forma y altura del árbol que permite una cosecha más fácil; sin embargo, presenta la desventaja de la homogeneidad genética, en especial, si sólo un cultivar es utilizado, ya que son más vulnerables a las plagas y enfermedades endémicas (Smith *et al.* 1992).

La injertación puede realizarse por medio del injerto de yema o escudete, de enchapado lateral y de corona; para ello, se toman satos (plantitas) de vivero (patrones). En el injerto de escudete, se toma una ramita bien madura, cuya corteza sea de color moreno-verdusca; se corta la yema de manera que tenga un escudete de 4- 4,5 cm de largo; no es

importante, tener en cuenta la edad del patrón en el punto de inserción de la yema. En el injerto de yemas, se deben eliminar las hojas de las ramas de donde se tomarán las yemas, diez días antes de realizar el injerto (Villachica 1996).

Para llevar a cabo el injerto de enchapado lateral (“veneer”), a cada uno de los satos se le hace un corte en el tallo de unos 4-5 cm de largo, en forma de lengüeta a unos 12-15 cm de altura de la planta, y sin profundizar mucho en el leño. El material para la injertación (esquejes), se toma de brotes de crecimiento vertical y que presentan hojas maduras en ramas semileñosas, con unos 0,5 cm de diámetro, se le hace un corte en cuña de unos 2-3 cm y se inserta al corte del tallo procurando que las caras del corte queden en contacto, se cubre luego toda la púa con una cinta plástica transparente de 1 cm de ancho, haciendo una presión ligera, de manera que, al mismo tiempo que impida la transpiración, mantenga los materiales en contacto íntimo; y no se deben eliminar las hojas ubicadas debajo del punto de inserción del injerto.

El método de corona consiste en insertar en el patrón, una o más púas provenientes del cultivar que se desea propagar. Las púas terminales deben ser de 8-10 cm de largo, y se les da un corte doble en bisel en su parte basal. Se efectúa un corte transversal en el patrón, y en la hendidura se coloca la o las púas. Se ata firmemente el borde del patrón con una liga, banda de caucho o cinta plástica, y se puede colocar encima, sobre los injertos una bolsa plástica transparente invertida, de manera de mantener una humedad relativa alta. Injertados los patrones, se colocan bajo una sombra moderada, y se espera que los injertos broten, para luego eliminarles el plástico o las ligas.

### Cultivo de tejidos

La embriogénesis somática ha sido inducida en copoasú, cultivando embriones zigóticos maduros en una solución semisólida de Murashige y Skoog con la adición de 1mg/L de 2,4-D y 10% de agua de coco (Janick y Whipkey 1988). Los embriones somáticos proliferan por gemación y producen callos embriogénicos competentes. Una vez inducidos, los cultivos embriogénicos proliferan mejor en un medio con 2,4-D libre y glucosa. Los



embriones somáticos nunca produjeron satos viables (Cabral Velho *et al.* 1990).

### Sistema de plantación y distanciamiento

La distancia de siembra entre plantas e hileras a emplear dependen de factores como: el clima, el tipo de suelo y su fertilidad, el material de propagación, el cultivar seleccionado, el ciclo de vida productivo, la asociación de cultivos, y los recursos técnicos y económicos de que se disponga.

En general, los objetivos que se persiguen al diseñar un sistema de plantación y, definir un número de plantas por superficie son: obtener el mayor rendimiento posible durante la vida productiva de la planta y, permitir la libre realización de las labores de cultivo (Avilán *et al.* 1992).

### Camino interiores

Se distribuyen con el fin de permitir un acceso fácil a cualquier sección de la huerta, sin desperdiciar terreno alguno. De manera general se considera que la “caminería” no debe constituir más del 10% del área de siembra.

### Distancias de siembra

La distancia de siembra depende de la fertilidad del suelo, y se usa desde 6 x 6 m (278

plantas/ha) entre plantas en los suelos muy pobres, hasta 8 x 8 m (156 plantas/ha) en los suelos fértiles y en suelos de fertilidad media; pero las distancias tradicionales usadas son de 7 x 7 m plantadas en cuadrado, rectángulo, tresbolillo o en quince.

Cuando se usan plantas injertadas en suelos con mediana a baja fertilidad, y con poco abonamiento, se recomienda la siembra a 6 x 6 m en tresbolillo (319 plantas/ha) (Villachica 1996).

### Sombra temporal

Algunas especies de plantas se usan como sombra temporal, como: pijiguao (*Bactris gasipaes* Kunth), caucho (*Hevea brasiliensis* Willd. (ex A. Juss.) Müll. Arg.), yuvia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.); o asociado, como cambur (*Musa AAA*), plátano (*Musa AAB*), topocho (*Musa ABB*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), lechosa (*Carica papaya* L.), quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) o tártago (*Ricinus communis* L.) (Tablas 1 y 2).

### Siembra

Cuando los satos o plantitas injertadas alcanzan unos 40 cm de altura se llevan al campo definitivo para su siembra. De preferencia, esta siembra se debe realizar al inicio del período de

**Tabla 1. Especies y distancia de siembra recomendadas para el sombreado temporal de copuasú.**

	Sombreadora	Copuaçu
Cambures (Bananos), Plátanos y topocho ( <i>Musa</i> AA, AAA; AAB, ABB)	6 x 6m	6 x 6m
Quinchoncho ( <i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.)	2 x 2 m	6 x 6m
Lechosa ( <i>Carica papaya</i> L.)	3 x 3 m	6 x 6m
Tártago ( <i>Ricinus communis</i> L.)	6 x 6 m	6 x 6m
Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Cranz.)	2 x 2 m	6 x 6m
Parchita maracuyá ( <i>Pasiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Sims).	6 x 6m	6 x 6m
Onoto ( <i>Bixa orellana</i> L.)	6 x 6m	6 x 6m

Modificado de Müller *et al.* (1995).

**Tabla 2. Distancia de siembra y especies perennes utilizadas como cultivos asociados con copuasú.**

Especie sombreadora	Distancia de siembra Sombreadora	Nº de plantas de Copuasú/ha
Guanábana ( <i>Annona muricata</i> L.)	12 x 12	± 158
Coco ( <i>Cocos nucifera</i> L.)	18 x 18	± 140
Palma africana o aceitera ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	18 x 18	± 140
Pijiguao ( <i>Bactris gasipaes</i> Kunth)	12 x 12	± 158
Guama ( <i>Inga edulis</i> C. Mart.)	18 x 18	± 140
Leucaena ( <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	18 x 18	± 140
Jobito de río ( <i>Spondias mombin</i> L.)	22 x 24	± 79

Modificado de Müller *et al.* (1995).

lluvias. Los hoyos de plantación no deben ser menores a 30x30x30 cm hasta unos 50x50x50 cm; en el fondo del hoyo, se coloca el fertilizante, encima se le coloca una capa de tierra, de manera que las plantas no entren en contacto con el fertilizante. En el momento de la siembra se le poda la raíz principal usando una tijera.

## Poda

La mayoría de los brotes del injerto son plagiotrópicos (crecimiento lateral); por este motivo, todas las plantas necesitan de tutores y de la poda de formación de los ápices terminales para que haya una buena formación de la copa. En cualquiera de los tipos de injertación deben eliminarse los brotes laterales (“chupones”) que surjan del patrón.

Al alcanzar las plantas una altura de 60 cm, se cortan a unos 10 cm del cogollo o yema terminal; esto provocará el desarrollo de ramas laterales, de las cuales se dejan 3 ó 4 para que crezcan uniformemente hacia los lados y las otras se podan, luego al año se cortan estas ramas principales a unos 1,70 cm de altura, y así, favorecer, el desarrollo de ramas y nuevos brotes.

## Fertilización

En general el copoasú produce buenas cosechas a niveles de fertilidad bajos; sin embargo, tal como otras plantas cultivadas, aumenta su vigor y producción cuando se le aplican fertilizantes (Bueno 1997).

Müller *et al.* (1981) recomiendan para especies sin repuesta experimental, la aplicación del fertilizante 12-12-17-2, para plantas en fase de crecimiento y de acuerdo con su edad (Tabla 3).

**Tabla 3. Aplicación de fertilizante recomendada para plantas en fase de crecimiento de acuerdo con su edad.**

	N -P -K -Mg (12-12-17-2)			
	g/ planta/año			
Primer año	30	30	40	100
Segundo año	45	45	60	150
Tercer año	60	60	80	200
Cuarto año	90	90	120	300

Para plantas en producción recomiendan la aplicación de fertilizante 15-15-23 + Mg a razón de 300-600 g/planta/año, dividida en tres aplicaciones, más si posible, estiércol de ganado o de pollos sobre la cama de las plantas. Es importante considerar el período de aplicación del fertilizante, éste debe hacerse al inicio del período de lluvias, luego en el medio y al final de ese período.

Villachica (1996) considera que para las plantas en crecimiento se debe aplicar una mezcla de N-P-K (10-28-20) tres veces al año, utilizando para cada aplicación 70, 100 y 150 g, en el primer, segundo y tercer año respectivamente. Las plantas en plena producción, tienen buen rendimiento con tres aplicaciones al año de 200 g de la mezcla mencionada.

Al estudiar la concentración de nutrientes en frutos de copoasú del clón ‘BG.C8501’, Souza y Cravo (1996) señalan que el nitrógeno se concentra más en los cotiledones y menos en la cáscara; que la pulpa es más rica en fósforo y potasio, y que el tegumento es más rico en calcio y magnesio. En cuanto a los micronutrientes, se encontró que el boro, cobre, magnesio y cinc tienen mayores concentraciones en el tegumento y en los cotiledones, en cuanto al hierro la mayor concentración está en la pulpa, pero es menor en los cotiledones. Esta especie tolera niveles altos de aluminio (20,0 mg L<sup>-1</sup>).

## Plagas

### Principales plagas del copoasú en la Amazonía

El coleóptero (*Costalimaita ferruginea*), de color castaño ataca a las hojas de los satos cuando están en el vivero, se puede combatir con un insecticida de contacto (Villachica 1996).

Broca de las plantas (*Xyleborus ferrugineus*), perfora los tallos hasta su ápice causando la muerte de los satos en el vivero, se controla eliminando las plantas atacadas y con un insecticida sistémico.

Pulgón negro (*Toxoptera citricidus*), este áfido extrae sustancias nutritivas de las hojas de las plantas, y puede llegar a producir deformaciones en las hojas y brotes atacados, además sus excrecencias

azucaradas sirven de sustrato para el crecimiento del hongo llamado fumagina, se puede controlar con insecticidas fosforados al 1%.

Gusano verde (*Macrosoma tipulata*) causa daños ocasionales.

Broca o barrenador del fruto (*Conotrachelus humeropticus*, *Curculionidae*), destruye las semillas y excava galerías en la pulpa provocando el deterioro del fruto, y reduce la producción hasta en 30% (Venturieri 2002).

## Enfermedades

### Principales enfermedades del copoasú en la Amazonía

Escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*)

Esta enfermedad fue observada por vez primera en la Amazonía brasileña en 1785 (Silva 1987), pero el primer registro científico ocurrió en Surinam en 1895, y como originaria del valle del Amazonas fue establecido por Pound en 1938. La enfermedad es la misma que ataca el cacao y a las especies silvestres de *Theobroma*, y otros huéspedes alternativos como el onoto (*Bixa orellana* L.), y algunas solanáceas. Es la enfermedad más destructiva en copoasú, ataca plantas de vivero, y ramas, flores y frutos de plantas adultas, causa malformaciones en las partes afectadas (Giacomelli, 1992); los síntomas aparecen en los brotes nuevos, con proliferaciones de ramas hipertrofiadas que adquieren la apariencia de una escoba, y de allí su nombre. La enfermedad se encuentra presente en toda el área amazónica.

A pesar de la variabilidad genética grande que existe en el copoasú, no se han encontrado genotipos resistentes a la enfermedad (Smith *et al.* 1992; Yoneyama *et al.* 1997); y, más grave aún, no existe información acerca de medidas de control químico, por lo que es indispensable aplicar algunas prácticas culturales que disminuyan al mínimo su incidencia, tales como: usar semillas de buena calidad; mantener las plantas en el campo en buenas condiciones de fertilización; verificar con frecuencia la presencia de la enfermedad en el campo; desinfectar las herramientas de trabajo; quemar las partes vegetales podadas; y pulverizar las plantas con fungicidas cúpricos (4g/L).

Las plantas aparentemente sanas que se encuentran silvestres se deben más a la ausencia del patógeno, que a la resistencia genética a la enfermedad (Smith *et al.* 1992).

Mal de machete (*Thielaviopsis paradoxa*)

Esta enfermedad causa la pudrición interna de los frutos, con oscurecimiento parcial de la pulpa, como consecuencia de heridas anteriores causadas al fruto por insectos perforadores. Es frecuente en las plantaciones en el área amazónica, para el control de los insectos se recomiendan aspersiones de Endosulfan a razón de 1,5 ml/L de agua.

Muerte progresiva (*Lasiodiplodia theobromae*, *Botryodiplodia theobromae*)

Esta enfermedad ataca la médula y leño de la planta de dentro hacia afuera, causa el secado de ramos y muerte de la planta. Se ha señalado su presencia en los estados de Pará, Amazonas y Rondonia en Brasil. Se controla mediante aspersiones de óxido de cobre a razón de 4g/L de agua.

Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*)

El hongo causa manchas necrosadas de tamaño variable, con secamiento posterior progresivo de las hojas atacadas. Frecuente en toda la Amazonía. Se sugiere para su control llevar a cabo prácticas agronómicas adecuadas; así como, aplicaciones quincenales de fungicidas cúpricos (3g/L).

Mancha de Phomopsis (*Phomopsis* sp.)

El daño se presenta en forma de manchas circulares bien delimitadas que luego causan desprendimiento del tejido de las hojas; los ataques se extienden a ramas y frutos. La enfermedad ha sido señalada en los estados de Amazonas y Rondonia en Brasil. Pareciera que la enfermedad está asociada a la presencia de insectos, por ello se recomiendan aspersiones de Benomyl (1g/L de agua) más algún insecticida.

Mancha de *Cylindrocladium* (*Cylindrocladium kyotensis*)

Manchas grandes de color pardo aparecen en las hojas, comenzando por sus extremidades. Luego las hojas se tornan amarillas y se caen, La enfermedad ha sido señalada en áreas del estado de

Pará en Brasil y los fungicidas cúpricos la controlan eficientemente.

#### Pudrición de raíces (*Rigidosporus lignosus*)

Este hongo causa bronceado de las hojas, y luego una marchitez total y rápida; sobre la corteza de las raíces, se observa la presencia de rizomorfos. La enfermedad es poco frecuente en el área amazónica. Como control se recomienda remover los tocones viejos del área plantada, erradicar las plantas atacadas, y tratar los huecos con Pentacloronitrobenceno (1g/L de agua).

#### Quema de las hojas (*Phytophthora sp.*)

El hongo causa manchas oscuras y pequeñas en las hojas y brotes nuevos. Se encuentra presente en toda el área amazónica. Se recomienda hacer 2 ó 3 aspersiones, con intervalos de una semana. Con fungicidas a base de Malaxyl, tales como Ridomil + Mancozeb, a razón de 2g/L de agua; así como, aplicaciones preventivas de caldo bordeles en la proporción de 10g/L de agua, o con fungicidas cúpricos (3g/L de agua).

#### Pudrición del pie (*Phytophthora sp.*)

Este hongo causa pudrición del cuello y raíces de la planta; y entonces, estos tejidos adquieren un color pardo-rojizo y las hojas se marchitan. La enfermedad está presente en toda el área amazónica. Al detectarse la enfermedad, las plantas atacadas deben erradicarse y quemarse, y luego aplicar como medida preventiva a las plantas vecinas sanas Ridomil + Mancozeb (2g/L de agua) o Ridomil con Alliete (2g/L de agua).

#### Mancha parda (*Cercospora bertholletia*)

El hongo causa puntuaciones amarillentas, en ambas caras de las hojas, las cuales se tornan de color pardo-oscuro con un halo amarillento al crecer, generalmente limitadas por las nervaduras. Presente en todas las huertas de copuasú. Se controla con aplicaciones normales de fertilizantes y fungicidas cúpricos (3g/L de agua).

#### Quema del injerto (*Phytophthora heveae*)

En los tejidos del injerto aparecen lesiones oscuras, y quemaduras, que se inician al transplantar las plantas al campo; estas lesiones provocan un amarillamiento y muerte de la planta. Está presente en todo el estado de Pará, en Brasil, y tal vez en toda la Amazonía. Se recomienda injertar las plantas en

la época seca, y proteger la base del tallo del portainjerto con cobertura muerta. Se controla a base de fungicidas a base de cobre a razón de 3g/L de agua.

Pudrición de las almendra (*Colletotrichum gloeosporioides*; *Fusarium sp.*; *Cephalosporium bertholletianum*).

Las almendras del fruto se pudren y adquieren un color pardo-negruzco, o se presentan cubiertas con un micelio blanco algodonoso; en caso de la pudrición seca, las almendras se adhieren a la cáscara, y se ponen estriadas. La enfermedad se encuentra presente en los estados de Pará y Amazonas, en Brasil. Es causada por el complejo de hongos señalados, y se reducen sus infecciones cuando se mejoran las condiciones de almacenaje; esto es, reducir la humedad y favorecer la ventilación.

#### Problemas fisiológicos.

En copoasú se presentan problemas caracterizados por la rajadura de frutos cosechados antes del período lluvioso, esto se atribuye a un desequilibrio hídrico como consecuencia de las primeras lluvias (Calzavara *et al.* 1984); sin embargo, otros trabajos señalan que estas rajaduras se deban a deficiencias de potasio en las plantas (Duarte Ribeiro 1995).

#### Cosecha

La cosecha directa de los frutos es muy difícil de llevarse a cabo, como consecuencia de que no existen indicativos externos que posibiliten la caracterización de los frutos maduros. Se recomienda que la maduración de los frutos se complete en la planta, y deben ser cosechados antes de que se vuelvan inaprovechables (Duarte Ribeiro 1995). Los frutos cosechados inmaduros no completan su maduración, y en ellos, se dificulta la extracción de la pulpa, además de presentar una pulpa más ácida; por estas razones, los frutos se cosechan generalmente del suelo, después que se desprenden de la planta, lo que ocurre generalmente de noche (Villachica 1996). Una vez en el suelo, los frutos pueden permanecer hasta por una semana en condiciones satisfactorias para el consumo o beneficio; a partir de allí, si no son beneficiados, entran en un proceso de deterioro rápido.

Hernández y Galvis (1994), al estudiar el crecimiento y momento de la cosecha del copoasú concluyeron que la intensidad respiratoria es un índice confiable para determinar el momento de cosecha; y color del fruto y porcentaje de acidez pueden ser utilizados como índices de cosecha.

El tratamiento posterior de los frutos se reduce a un lavado para evitar los residuos de tierra y vegetales adheridos. La extracción de la pulpa para uso al natural, debe hacerse en un período máximo de siete días después de la cosecha (Duarte Ribeiro 1995).

**Producción**

Las plantas comienzan su fructificación a los dos años y medio a tres de plantadas; las primeras producciones tienen un promedio de alrededor de un fruto por planta, pero a partir del cuarto año, las plantas tienen un incremento sustancial de frutos, y para el 5<sup>to</sup> y 6<sup>to</sup> año, la producción media es del alrededor de 15 frutos/planta/año (Duarte Ribeiro 1995).

Si se ha llevado a cabo una buena selección del material a sembrar, y se han propagado por injertación, a la vuelta de 10 años las plantas están produciendo unos 20-30 frutos/planta/año. En el estado de Rondonia, en Brasil, se han señalado producciones de 100, y más raramente, de 200

frutos/planta/año, en plantas de 10 a 20 años (Duarte Ribeiro 1995).

Aún cuando las plantas producen todo el año, ocurren dos picos de producción: uno secundario entre octubre-noviembre, y el pico principal de febrero-marzo; pero estas épocas pueden variar de acuerdo con las condiciones climáticas. Es de destacar, la presencia del fenómeno que se conoce con el nombre de “vecería”, esto es, oscilaciones de producción, de un año a otro, y en general, a un año de buenos rendimientos, sigue uno o dos de baja producción, para luego volver a una buena producción (Falcão y Lleras 1983).

**Beneficio**

El beneficio del copoasú consiste en despulpar los frutos, bien sea manual o mecánicamente, y conservar esta pulpa a bajas temperaturas, pues el calor destruye su sabor. Una temperatura ideal para este almacenamiento, es aquella entre -12° a -18° C; así, las pulpas pueden conservarse por unos 12 meses, sin pérdida de su calidad.

En Brasil, existen despulpadoras para diversas frutas, que hacen un buen trabajo con el copoasú, ya que pueden procesar unos 2 500 kg de fruta por hora, pero tienen un precio muy alto (Duarte Ribeiro 1995). En la Figura 1 se muestran los productos obtenidos del fruto de copoasú.

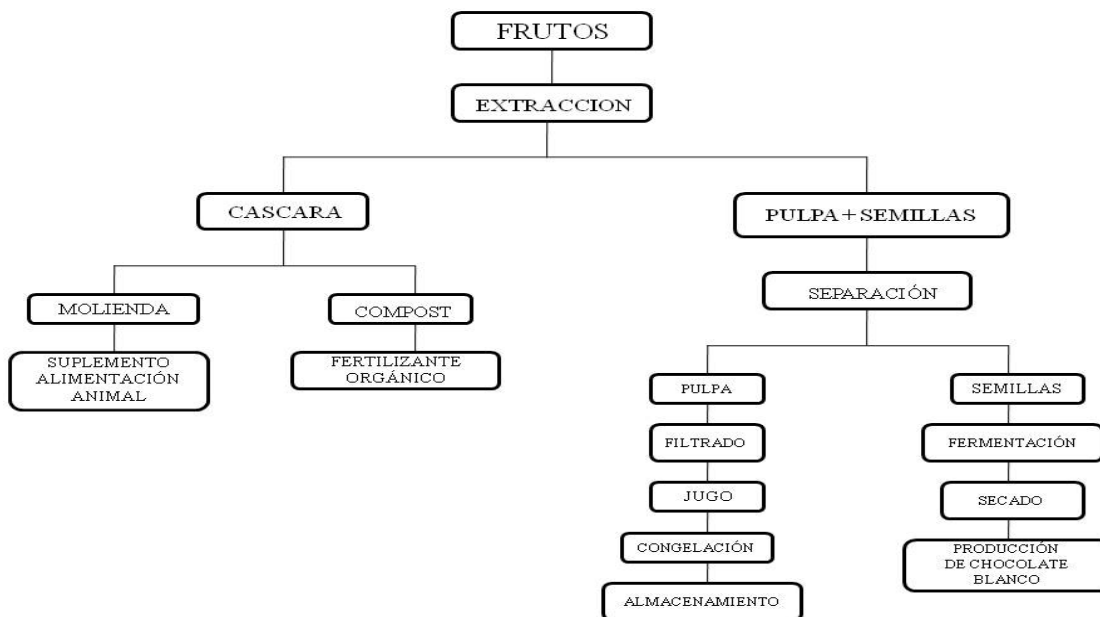


Figura 1. Productos obtenidos del fruto de copoasú.

## Áreas productoras y potenciales en Venezuela

Todas las áreas en Venezuela con suelos profundos, mediana fertilidad, donde la precipitación no sea menor a 1 800 mm anuales y con temperaturas medias anuales de 23° C son aptas para la siembra de esta especie. La distribución actual del copoasú, se corresponde con los límites climáticos del bosque húmedo tropical que se caracteriza por tener una precipitación entre 1 800 y 3 800 mm, una temperatura promedio que excede 24° C, y una altitud desde el nivel del mar hasta cerca de los 1 000 m (Ewel y Madriz 1968).

## Usos

El fruto de copoasú tiene muchos usos, la pulpa (endocarpo) carnososa, espesa, es utilizada en la producción de jugos, dulces, compotas, sorbetes, helados o licores. Al separarse la pulpa, queda la cáscara dura, que es utilizada en la preparación de abonos orgánicos. En las Tablas 4 y 5 se muestra el análisis químico y bromatológico de la pulpa y semilla de copoasú, respectivamente.

**Tabla 4. Análisis químico del fruto de copoasú.**

Acidez	2,15
Brix	10,80
pH	3,30
Aminoácidos (%N mg)	21,90
Vitamina C (%mg)	23,12
Pectina (%)	0,39
% Pulpa (3.000 rpm/10min)	80,0
% Residuo mineral fijo	0,67
Fósforo (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,31
Calcio (% CaO)	0,04
Extracto etéreo (%)	0,53
Sólidos totales (%)	11,0
Volátiles (%)	89,00
Azúcares reductores (%)	9,09

Fuente: Barbosa *et al.* (1978).

**Tabla 4. Análisis Bromatológico de la semilla de copoasú.**

COMPONENTE	(% base seca)
Proteína	20,0
Grasa	50,8
Carbohidratos	15,9
Fibra	9,6
Cenizas	3,7

Fuente: Villachica (1996).

Las semillas son consideradas como sucedáneas del cacao verdadero (*Theobroma cacao* L.) pues suministra un producto óptimo para la preparación de cupulate, el cual es considerado un alimento bastante completo debido a su contenido de almidón, proteína y grasa, similar a la manteca de cacao.

El uso de sus semillas para la manufactura de cupulate, está restringido a la cuenca del río Amazonas, en los ríos Solimoes, Madeira y Tocantins (Cabral Velho *et al.* 1990), para su producción las semillas despulpadas pasan por los procesos de fermentación, secado, tostado, descascamiento, prensado y molienda, de esa manera se obtiene polvo y manteca de copoasú, que son los dos ingredientes básicos para la producción de tabletas de cupulate.

## REFERENCIAS

- Alves, R., Viana Correa, J., de Oliveira Gomes, M. e da Costa Fernandes, G. 1997. Melhoramento genético do Copoasuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) no estado do Para. In: Seminario Internacional sobre Pimenta-do-reino e Copoasu. Anais. EMBRAPA/JICA. 440p.
- Arkcoll, D. 1990. New crops from Brasil. In: Janick, J. and Simon, J. (eds). Advances in new crops. Timber Press. Oregon.
- Avilán, L., Leal, F. y Bautista, D. 1992. Manual de Fruticultura. Editorial América. Caracas. 2 vol.
- Barbosa, W., Nazare, de E. e Nagata, I. 1978. Estudo tecnológico de frutas da Amazônia. EMBRAPA-CPATU. Belém. Comunicado Técnico, 3.
- Bueno, N. 1997. Alguns aspectos recentes da nutrição do Copoasuzeiro. Anais Seminario Internacional sobre Pimenta-do-reino e Copoasu. Embrapa Amazonia Oriental-JICA.
- Cabral Velho, Ch., Whipkey, A, and Janick, J. 1990. Cupuassu: a new beverage crop for Brazil. In: Janick, J. and Simon, J. (eds.). Advances in new crops. Timber Press. Oregon.

- Calzavara, B. 1980. Fruteiras: abieiro, abricozeiro, bacurizeiro, biribazeiro, Copoasuzeiro. Belem. EMBRAPA-CPATU.
- Calzavara, B., Müller, C. y Costa, O. 1984. Fruticultura Tropical: O Copoasuzeiro. Cultivo, beneficiamento e utilização do fruto. EMBRAPA. Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido. Belem-Pará.
- Cuatrecasas, J. 1964. Cacao and its allies, a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contrib. U.S. Nat. Herb. 35(6) : 379-614.
- Cunha, A. 1924. Dicionário Histórico das Palavras Portuguesas de Origen Tupi. Ed. Melhoramentos/EDUSP. Sao Paulo. pp. 357.
- Duarte Ribeiro, G. 1995. A cultura do Copoasuzeiro em Rondônia. EMBRAPA-MARA-CPAF. Porto Velho. RO.
- Ducke, A. 1946. Plantas de cultura precolombiana na Amazônia Brasileira. Notas sôbre as espécies ou formas espontâneas que supostamente lhes teriam dado origen. Boletim Técnico do Instituto Agronomico do Norte (Belém) 8: 3-24.
- Ewel, J. y Madriz, A. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Investigación. Caracas.
- Falcão, M. and Lleras, E. 1983. Phenological and ecological aspects of cupuassu production (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum.). Acta Amazonica 13: 725-735.
- Giacomelli, D. 1992. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) In: Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. FAO. Roma.
- Hernández, M. y Galvis, A. 1994. Análisis del crecimiento y determinación del momento de cosecha del Copoazú. Acta Amazónica (1-2): 157-167.
- Janick, J. and Whipkey, A. 1988. Somatic embryos in *Theobroma grandiflorum*. HortScience 23: 807.
- Leal, F., Sánchez, P. y Valderrama, E. 1999. *Theobroma silvestre* en el estado Amazonas de Venezuela. Plant Genetic Resources Newsletter 116:36-38.
- Müller, C., Figueirêdo, F., Nascimento, W. e Galvão, E. 1995. A cultura do Copoasu. EMBRAPA. CPATU. Servicio de Produção de Informação. Brasilia. DF.
- Müller, C., Kato, A. e de Duarte, M. 1981. Manual prático do cultivo de fruteiras. EMBRAPA-CPATU. Belém.
- Pound, F. 1938. Cacao and witch broom disease (*Marasmius perniciosus*) of South America. Report on a visit to Ecuador, the Amazon Valley and Colombia. April 1937-1938. Trinidad and Tobago. Department of Agriculture. 58p.
- Sánchez, P. y Jaffe, K. 1989. El género *Theobroma* en el Territorio Federal Amazonas (Venezuela). II. Distribución geográfica. Turrialba 39(4): 446-454.
- Silva, P. 1987. Cacao e lagartão ou vassoura-de-bruxa: registros efetuados por Alexandre Rodrigues Ferreira nos anos de 1785 a 1787 na Amazônia. Ilhéus.Ba. Brasil. CEPLAC-CEPEC. Boletim Técnico N° 146.
- Smith, N., Williams, J., Plucknett, D. and Talbot, J. 1992. Tropical forests and their crops. Cornell University Press. Ithaca.
- Souza, A. e Cravo, M. 1996. Teores de nutrientes em fruto de Copoasuzeiro. In: Reunido Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22. Manaus. Am. Resumos Expandidos. pp. 634-635.
- Souza, A., Sousa, N., Silva, S. Nunes, C. e Cruz, L. 1996. Fruteiras da Amazônia. EMBRAPA-SPI. Brasilia.
- Venturieri, G. 2002. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) (*Sterculiaceae*) Un fruto prometedor del Amazonas brasileño. In: Cruz Castillo, J. y Torres Lima, P. (Compiladores). Frutales para México. Contribuciones del Caribe y Sudamérica. Universidad Autónoma

Metropolitana. Unidad Xochimilco. México.  
D.F.

Venturieri, G., Martel, J. e Machado, G. 1986/1987.  
Enxertia do cupuacuzeiro (*Theobroma  
grandiflorum* (Wild ex Spreng) Schum) con o  
uso de gemas e garfos con e sem toaleta. Acta  
Amazónica 16/17: 27-40.

Villachica, H. 1996. Frutales y Hortalizas  
promisorias de la Amazonia. Tratado de  
Cooperación Amazónica. Secretaría Pro  
Tempore. Lima. 367p.

Yoneyama, S., Nunes, M., Duarte, M., Shimizu, O.,  
Ende, T. e Albuquerque, F. 1997. Controle  
químico de vassoura de bruxa em  
Cupuacúzeiro. In: Seminario Internacional  
sobre pimenta-do-reino e Copoasu. Anais.  
EMBRAPA. Amazônia Oriental/JICA.  
Belem.



## INSTRUCCIONES PARA LOS CONTRIBUYENTES

### ALCANCE Y TEMÁTICA

La revista Unellez de Ciencia 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 este capítulo 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., Olff, 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 1ª. 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.

### **Publicaciones de Estaciones Experimentales**

Zérega, L. 1996. Características de algunos fertilizantes no tradicionales en Venezuela. FONAI, 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 (Resumen). In III Congreso de Ciencia y Tecnología del estado Portuguesa. CONICIT-UNELLEZ, Guanare. p. 83.

### **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.