



La Universidad que Siembra

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

Volumen 31 - 2013

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 31 – 2013
enero - diciembre**

Depósito legal pp 198302 BA 171

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA

Guanare - Venezuela

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
OCCIDENTALES EZEQUIEL ZAMORA**
Consejo Directivo Universitario

Prof. William Páez
Rector

Lcdo. Yovany Benaventa
Secretario General

Lcda. Bextalia Lovera
Vice-Rectora de Servicios

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

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

Ing. Edith Moreno
Vice-Rectora de Infraestructura y Procesos Industriales
San Carlos, estado Cojedes

Lcdo. Rafael Delgado
Vice-Rector de Planificación y Desarrollo Regional
San Fernando de Apure, estado Apure

Prof. Raúl García Palma
Secretario Ejecutivo de Investigación

REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La revista Unellez de Ciencia y Tecnología es una publicación anual de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos 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 UNELLEZ, en la actualidad el tiraje es de 500 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.

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 Nacional Experimental de los Llanos 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,
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 Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora
Volumen 31 – 2013
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	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
Mancilla, Luís	Forrajes	UNELLEZ
Morales, Gonzalo	Ornitología-Ecología	IZT-UCV
Morales, Frank	Nutrición Animal	UNELLEZ
Moreno-Álvarez, Mario J.	Tecnología de Alimentos	USR - Canoabo
Muñoz, Antonia	Forrajes	UNELLEZ
Ojasti, Juhani	Ecología, Manejo de Fauna	UNELLEZ, UZT, UCV
Ojeda, Alvaro	Producción Animal	FAGRO-UCV
Párraga, Carlos	Estadística	UNELLEZ
Ramírez, Ymmer	Ingeniería Agrícola	UNELLEZ
Rodríguez, Tomás	Reproducción Animal	UDO
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 31 - 2013

enero – diciembre

CONTENIDO

Artículo	Páginas
Eficiencia técnica de explotaciones de maíz ubicadas en el municipio San Genaro, Portuguesa, Venezuela. Trifina Márquez, Adelis Velásquez, José Flores, Sandra Flores y Hernando Garzón	1-10
Densidad poblacional y usos del paují copete de piedra (<i>Pauxi pauxi</i>) en el Parque Nacional Yacambú, estado Lara. Jessica Ortega-Argüelles y Antonio González-Fernández	11-18
Compostaje de residuos agroindustriales de uva (<i>Vitis vinifera</i> L.) en condiciones tropicales. Oswaldo Valor y José Sánchez	19-25
Evaluación de lodos de vinaza como biofertilizante en dos tipos de suelo. José A. Farreras y Carlos E. Párraga	26-32
Evapotranspiración del cultivo cebolla en Quíbor, Venezuela. Medición con lisímetro y estimación con metodología de dos pasos FAO. Yelitz García, Juan José Brito y Jorge López	33-41
Inventario de árboles en plazas de Guanare, Venezuela. Carmen Giménez y Thaida Berrío	42-47
Tipos de información y mecanismos de difusión en organizaciones agrícolas. Sistema de riego Las Majaguas, estado Portuguesa. Reimilys Ríos y Anolaima Delgado	48-56
Bloques de resistencia eléctrica de diferentes materiales para determinar la humedad del suelo. Dayana Peña, José Ortiz, Héctor Miranda y Douglas Peroza	57-64
Evaluación de tres metodologías de inoculación de <i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid. en germoplasma de ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.). Dasybel Peraza y Hernán Laurentin	65-72
Procesos digestivos en ciego y colon de cerdos en crecimiento. Tránsito de digesta y digestión. Julio Ly y Pedro Lezcano	73-80
Desarrollo sostenible y procesos de intensificación agrícola: ¿Una contradicción?. Adrián González, Astrid Márquez, Carlos Domínguez, Noemí Cañizales y Constanza Rojas	81-90

REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Volumen 31 - 2013
enero – diciembre

CONTENT

Article	Pages
Technical efficiency of corn farms located in the Municipality of San Genaro, Portuguesa, Venezuela. Trifina Márquez, Adelis Velásquez, José Flores, Sandra Flores y Hernando Garzón	1-10
Population density and uses of the helmeted curassow (<i>Pauxi pauxi</i>) in Yacambú National Park, Lara state, Venezuela. Jessica Ortega-Argüelles y Antonio González-Fernández	11-18
Agro-industrial waste composting of grape (<i>Vitis vinifera</i> L.) in tropical conditions Oswaldo Valor y José Sánchez	19-25
Evaluation of stillage-sludges as bio-fertilizers in two soil types. José A. Farreras y Carlos E. Párraga	26-32
Evapotranspiration of onion crop in Quibor, Venezuela. Lysimeter measures and estimation with the two step methodology FAO. Yelitza García, Juan José Brito y Jorge López	33-41
Inventory of trees in Guanare's squares, Venezuela. Carmen Giménez y Thaida Berrío	42-47
Types of information and their mechanisms of dissemination in agricultural organizations. Irrigation system Las Majaguas, Portuguesa State. Reimilys Ríos y Anolaima Delgado	48-56
Electrical resistance's blocks of different materials to detect soil moisture. Dayana Peña, José Ortiz, Héctor Miranda y Douglas Peroza	57-64
Evaluation of three inoculation methods of <i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid. to sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) germplasm. Dasybel Peraza y Hernán Laurentin	65-72
Digestive processes in caecum and colon of growing pigs. 1. Transit of digesta and digestion. Julio Ly y Pedro Lezcano	73-80
Sustainable development and agricultural intensification processes: A contradiction?. Adrián González, Astrid Márquez, Carlos Domínguez, Noemí Cañizales y Constanza Rojas	81-90

EFICIENCIA TÉCNICA DE EXPLOTACIONES DE MAÍZ UBICADAS EN EL MUNICIPIO SAN GENARO, PORTUGUESA, VENEZUELA*

Technical efficiency of corn farms located in San Genaro Municipality, Portuguesa, Venezuela

Trifina Márquez¹, Adelis Velásquez², José Flores³, Sandra Flores⁴ y Hernando Garzón⁵

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia técnica de explotaciones agrarias con producción de maíz (*Zea mays*) ubicadas en el Sector La Palaciera, municipio San Genaro de Boconoito del estado Portuguesa, Venezuela. En una muestra de 30 fincas se recabó, mediante cuestionarios, información de cinco insumos y un producto, que corresponden al cultivo sembrado en el año 2010. Se empleó el método Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), aplicando un modelo orientado al producto. Según los resultados, en promedio, la eficiencia técnica global (ETG) fue 80,8%, desglosada en una eficiencia técnica pura (ETP) de 86,7% y una eficiencia de escala (EE) de 93,5%. Las ineficiencias causadas por la tecnología fueron mayores que las generadas por el tamaño o escala de producción subóptimo. Según las metas del plan formulado para la muestra, se puede elevar la producción agregada de maíz de 2.575.500 a 2.969.391 kg, lo que supone un incremento de 393.891 kg (17,1%), sin aumentar la cantidad de insumos aplicados actualmente.

Palabras clave: productividad, DEA, finca, insumo, producto.

ABSTRACT

We evaluated the technical efficiency of corn production in farms located in La Palaciera, San Genaro de Boconoito Municipality, Portuguesa State, Venezuela. Through surveys on 30 farms, was collected information on five inputs and a product corresponding to the crop planted in 2010. The method used was Data Envelopment Analysis (DEA), applying a product-oriented model. According to the results, on average, the overall technical efficiency (GTE) was 80.8%, broken down into pure technical efficiency (PTE) of 86.7% and a scale efficiency (SE) of 93.5%. The inefficiencies caused by technology were greater than those generated by suboptimal size or scale of production. According to the plan's goals formulated for the sample of maize-growing farms, aggregate production of maize could be raise from 2,969,391 to 2,575,500 kg, which would mean an increase of 393,891 kg (17.1%), without increasing the amount of inputs currently applied.

Key words: productivity, DEA, farm, input, output.

(*) Recibido: 26-08-2012

Aceptado: 04-02-2013

¹ Ejercicio profesional.

² Fondo para el Desarrollo Agrario Socialista (Fondas), Barinas. Venezuela.

³ Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. Email: joseovidioflores@gmail.com.

⁴ Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. Universidad Politécnica de Madrid. España.

⁵ Decanato de Investigación y Posgrado, Maestría en Gerencia de Recursos Humanos. UNEFA, Barinas. Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es uno de los motores de desarrollo en Venezuela. Es necesario que la agricultura se analice no sólo desde el punto de vista de su dinámica económica, sino también desde la perspectiva social. Hay que valorarla como generadora de empleos, pilar de desarrollo de la Venezuela rural y como un medio para realizar una ocupación ordenada del territorio nacional.

En el caso de Venezuela, en las áreas donde se cultiva el maíz, la temperatura no es un factor limitante, como ocurre en las regiones templadas y por ello, es posible cultivarlo durante todo el año.

Portuguesa es el segundo estado con mayor superficie apta para la siembra de maíz (Benacchio *et al.* 1988) y el mayor productor conjuntamente con el estado Guárico (Vielma *et al.* 2005), sin embargo, los rendimientos por hectárea se han estancado (Marín 2002; Briceño 2008) y difieren significativamente de los obtenidos en otras latitudes (Alejua 2002). Para el año 2011 se estimó una producción de 2.117.710 t obtenidas en 630.015 ha, para un promedio de 3.361 kg/ha de maíz (Fedegro 2012). Otro problema importante es la variabilidad del rendimiento (Medina *et al.* 2002; San Vicente *et al.* 2005), que repercute directamente en los ingresos de los productores (Vielma *et al.* 2005).

Además de los riesgos inherentes a la actividad, las explotaciones de maíz confrontan otros tipos de problemas que inciden directamente en su eficiencia. Por una parte, los costos de producción se han incrementado de manera significativa en los últimos años y, por la otra, desde el 2005, la población ocupada en actividades agrícolas tiende a disminuir en términos absolutos, en el 2008 representó 11% menos que la del 2005 (Hernández 2009), lo cual presagia mayores dificultades para contratar mano de obra. Asimismo, los precios del maíz están regulados por el Estado y por ello, sus incrementos se rezagan cada vez más con respecto a los costos de los insumos, lo cual deriva en ganancias decrecientes para los agricultores.

En este contexto, la solución más viable para los agricultores consiste en producir con la mayor eficiencia posible, elevando los niveles de producción y manteniendo las cantidades de insumos que se aplican. Esta solución es apropiada para elevar la producción nacional de alimentos dada la crisis alimentaria que enfrenta el país (González 2009), que se evidencia por el comportamiento histórico de las importaciones, ya que entre 1981 y 1990 la importación de alimentos y bebidas fue 75,4 US\$ por persona y año. En la década siguiente (1991-2000) la cifra disminuyó a 65,9 US\$ por persona y año, y en la que acaba de concluir (2001-2010) alcanzó promedio de 134,6 US\$ (Machado 2011). Esta situación debería revertirse en un plazo no muy lejano, ya que en nuestro país, la seguridad agroalimentaria tiene rango constitucional (Art. 305 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Ejecutivo Nacional 2008) y legal (Ley de Tierras y Desarrollo Agrario, Ley de Seguridad Agroalimentaria, Asamblea Nacional 2010).

Por otra parte, diversos autores han evaluado el uso de los recursos en explotaciones agrícolas en Venezuela, desde el punto de vista de la productividad parcial de los factores. Por el contrario, en la presente investigación se aborda la evaluación desde la perspectiva de la eficiencia con el método DEA, que es un enfoque relativamente novedoso en el país. La aplicación empírica se centra en un grupo de explotaciones del cultivo maíz, en un municipio muy prometedor para este tipo de actividad en Venezuela. La identificación de las fincas eficientes, así como la medición de sus niveles de utilización de insumos relevantes, que constituyen estrategias diferenciales con respecto a las fincas ineficientes, permitirá orientar las decisiones hacia la mejora de la capacidad competitiva de este último grupo de fincas. Este enfoque es relevante, ya que la gran mayoría de los estudios relacionados, especialmente en el estado Portuguesa (Alejua 2002), se han centrado en aspectos agroecológicos, técnicos, manejo de suelos, uso de productos químicos y de mejoramiento genético, entre otros. Por ello, en la presente investigación se aborda la eficiencia técnica de explotaciones de maíz ubicadas en el sector la Palaciera, municipio San

Genaro del estado Portuguesa, mediante la aplicación del método DEA, que se ha escogido por dos razones fundamentales: considera simultáneamente múltiples insumos y productos y, además, no requiere de los precios de éstos para obtener las estimaciones de eficiencia.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes

En nuestro país se ha utilizado la metodología DEA para evaluar la eficiencia en ganadería (Urdaneta *et al.* 2007; Urdaneta *et al.* 2010; Flores y Zambrano 2011), pero no hay antecedentes de su aplicación en explotaciones con producción de maíz. A manera ilustrativa, se citan investigaciones en el sector agrícola realizadas en otros países.

Perdomo *et al.* (2007) calcularon la eficiencia técnica y sus determinantes por tipo de caficultor (pequeño, mediano y grande) y sector general, para una muestra, en la región cafetera de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda (Colombia). Se encontró que gran parte de los pequeños y medianos caficultores son ineficientes técnicamente, mientras que los grandes son eficientes en la práctica. Mediante el DEA, se obtuvo un puntaje promedio de eficiencia técnica de 36% en los pequeños, 51% en los medianos, 60% en los grandes y 42% en el sector general de caficultores de la zona. Estos promedios de eficiencia técnica, comparados con estudios similares en África y Vietnam, indican una eficiencia técnica menor en los pequeños y grandes caficultores colombianos, confrontados con los mismos grupos en Vietnam, que también posee una vasta explotación agroindustrial de café.

Perdomo y Mendieta (2007) recabaron datos microeconómicos de caficultores pequeños, medianos y grandes en Colombia, para determinar la eficiencia técnica y asignativa mediante el método no paramétrico Análisis Envolvente de Datos. La eficiencia técnica promedio encontrada para pequeños fue 3,76%, medianos 51,71%, grandes 60,15% y todo el sector 42,38%. Mientras en eficiencia asignativa la media fue 36,13%,

42,98%, 18,86% y 36,50%, respectivamente. Estas cifras presumen la existencia de un sector cafetero ineficiente técnica y asignativamente. Resaltan los grandes productores como más eficientes técnicamente e ineficientes asignativamente. Esto significa que las unidades empresariales emplean muy bien la cantidad de insumos para maximizar su producción, pero no logran producir al mínimo costo, dada la ineficiencia asignativa. Mientras los minifundistas, los campesinos y el sector general no explotan sus factores óptimamente y tampoco llegan al menor costo en producción por tener ineficiencia técnica y asignativa.

En cuanto a las aplicaciones del método DEA en explotaciones maiceras, Ajibefun (2008) señaló que los análisis de la eficiencia son un tema importante en los estudios económicos. En una muestra de 200 fincas de una región de Nigeria, que incluían la explotación de maíz, comparó la capacidad de las técnicas paramétricas y no paramétricas de los modelos de frontera en los análisis de eficiencia técnica. Se empleó la técnica paramétrica conocida como modelo de Frontera de Producción Estocástica (FPE), y el Análisis Envolvente de Datos para la técnica no paramétrica. Los resultados indicaron que los agricultores presentaron diferentes niveles de eficiencia técnica, desde 0,22 hasta 0,87 para ambas formas de cálculo. También los resultados de ambos enfoques mostraron que la edad y el nivel de educación de los agricultores influyó significativamente en el nivel de eficiencia técnica. La estimación de la eficiencia técnica media no varió con el método utilizado. Por último, una combinación de las puntuaciones de eficiencia técnica obtenida con los dos métodos se propuso como mejor solución.

Según Mulwa *et al.* (2009), el maíz es el alimento básico para la mayoría de los hogares de Kenia, y predomina en los pequeños agricultores, así como en los de gran escala. Estos autores utilizaron el DEA bietápico y la regresión de Tobit para evidenciar las deficiencias en el cultivo de maíz y sus causas, en el oeste de Kenia, encontraron que debido a que se siembra en lotes pequeños de tierra, la disminución de la productividad y la eficiencia son de gran

importancia, tanto en cultivos comerciales como en los de subsistencia.

Koc *et al.* (2011) analizaron la eficiencia técnica de la segunda cosecha de maíz, durante el periodo 2004-2005, en 89 fincas localizadas en la región mediterránea oriental de Turquía. Aplicaron el método DEA y utilizaron la regresión Tobit para identificar los determinantes de esa eficiencia. Se empleó un modelo orientado a insumos, que permitió estimar que los productores podían reducirlos hasta 19%, manteniendo el mismo nivel de producción. Por otra parte, la eficiencia técnica estuvo en un rango entre 41 y 100%.

Esta información permite apreciar la importancia que tiene la metodología DEA para estimar la eficiencia de explotaciones agrícolas en diferentes partes del mundo.

La medición de la eficiencia y el DEA

Del término de eficiencia de Klassen *et al.* (1998), se infiere que se utiliza en un contexto que engloba la comparación de una finca frente a un estándar, o bien la comparación frente a diferentes fincas del mismo sistema de producción o de procesos productivos con características comunes.

Los términos productividad y eficiencia (técnica) son diferentes, aunque frecuentemente han sido utilizados como sinónimos (Miller 1984). En el primer caso, normalmente se hace referencia al concepto de productividad media de un factor, que alude al número de unidades producidas de un determinado producto (output) por cada unidad empleada de un insumo o input (Álvarez 2002).

Se pueden distinguir dos tipos de eficiencia (Farrel 1957):

- 1) La eficiencia técnica: consiste en producir lo máximo posible a partir de unos insumos dados, o bien, a partir de un nivel dado de producto, con la menor combinación de insumos.
- 2) La eficiencia precio: es la que obtiene aquella unidad productiva que utilice una combinación de insumos que, con el mínimo

coste, alcanza una cantidad de producto determinado a unos precios preestablecidos.

Ambas medidas, combinadas, proporcionan una medida de la eficiencia económica.

La teoría de Farrel se aplica en la práctica utilizando, principalmente, dos metodologías: las aproximaciones paramétricas y las no paramétricas, como el DEA. Para la primera se recurre al uso de la econometría y para la segunda se emplea el método DEA, propuesto por Charnes *et al.* (1978), que emplea algoritmos de programación lineal y asume rendimientos constantes a escala (modelo DEA-CCR). Posteriormente Banker *et al.* (1984) incorporaron los rendimientos variables a escala (modelo DEA-BCC). Para determinar si la tecnología de producción utilizada presenta rendimientos variables a escala, se procede a separar la eficiencia técnica (en adelante se denominará eficiencia técnica global, ETG) en dos términos: eficiencia técnica pura (ETP) y eficiencia de escala (EE). Para ello deben calcularse los dos modelos: Rendimientos Constantes a Escala (RCE) y Rendimientos Variables a Escala (RVE), con los mismos datos. En caso de diferencia entre las dos mediciones para una finca determinada, implica que posee ineficiencia de escala y que el valor de esa ineficiencia es la diferencia entre la medición del RCE y la medición del RVE. La ETG representa a los RCE y la ETP a los RVE.

La eficiencia puede ser caracterizada de dos maneras básicas (Charnes *et al.* 1981) con los modelos: 1) Orientado a los insumos: manteniendo el nivel de producto existente, buscan la máxima reducción proporcional en el nivel de insumos, mientras la finca permanece en la frontera de posibilidades de producción. Una finca no es eficiente cuando es posible disminuir cualquiera de sus insumos sin modificar sus productos, y 2) Orientado a los productos: manteniendo el nivel de insumos existente, buscan el máximo incremento proporcional en el nivel productos, mientras la finca permanece en la frontera de posibilidades de producción. Así, una finca no es eficiente cuando es posible aumentar cualquiera de sus productos sin incrementar algunos de sus insumos o

disminuir cualquiera de sus productos. En el modelo orientado a productos, el nivel de producción observado se multiplica por 1/ETG ó 1/ETP (según caso) para estimar el nivel de producción necesario para convertir a una finca ineficiente en eficiente.

La planificación agraria se puede abordar con diversas herramientas (Flores y Gómez-Limón 2006). Una de ellas utiliza el enfoque *Benchmarking*, basado en el DEA (Zhu 2009), que consiste en establecer como metas para las fincas ineficientes 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), para sentar las bases de un programa de transferencia de tecnología. El horizonte de planeación puede ser el corto, mediano o el largo plazo (todos los recursos son variables). Es importante destacar que a diferencia de otros sectores, en el agrario la consecución de las metas está condicionada por una mayor incertidumbre, dada la interacción entre factores genéticos, edafoclimáticos y económicos, entre otros.

Formulación matemática del modelo DEA

El modelo de programación fraccional, cuyas variables representan los pesos más favorables para la finca *i-ésima* se presenta a continuación:

$$Max. h_0 = \frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{m,0}}{\sum_{n=1}^N v_n x_{n,0}}$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{m,i}}{\sum_{n=1}^N v_n x_{n,i}} \leq 1, \quad i = 1, 2, 3, \dots, I$$

$$u_m, v_n \geq \varepsilon, \quad \forall m, \forall n$$

Donde:

$y_{m,0}$ = cantidad de producto *m* obtenido por la finca 0.

$x_{n,0}$ = cantidad de insumo *n* consumido por la finca 0.

u_m = ponderación o peso virtual asignado al producto *m*.

v_n = ponderación o peso virtual asignado al insumo *n*.

I = número de fincas muestreadas (*I*=30).

M = número total de productos (maíz).

N = número total de insumos aplicados al proceso productivo del maíz (*N*=5).

ε = número positivo pequeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio San Genaro de Boconoíto es uno de los 14 municipios que forman parte del estado Portuguesa, Venezuela. Tiene una superficie de 1.031 km² y una población de 18.822 habitantes (censo 2001). Su capital es Boconoíto. Está conformado por las parroquias Antolín Tovar Aquino y Boconoíto. La agricultura es la principal actividad económica del municipio, se destaca la producción de maíz y yuca. Presenta un clima de Bosque seco tropical a una altitud de 200 msnm con una temperatura promedio entre 26 y 27°C y una precipitación media anual entre 1.450 a 1.965 mm. El Caño Colorado, Agua de Angel y el Río Boconó son los principales cursos de agua del municipio.

Mediante cuestionarios se recabó información en 30 explotaciones de maíz en el municipio San Genaro de Boconoito, Sector La Palaciera del estado Portuguesa, Venezuela, las cuales estaban adscritas a un programa de asistencia financiera y técnica del Fondo para el Desarrollo Agrario Socialista. Se incluyó como producto u *output* los kilogramos de maíz (Maíz) cosechados por finca, provenientes del cultivo sembrado en el ciclo 2010 (sin riego) y cinco insumos o *inputs* considerados relevantes en el proceso productivo (Anexo 1): cantidad de hectáreas (ha) sembradas por finca, así como los gastos en bolívares erogados por los conceptos de preparación de tierra, semilla, fertilización y cosecha. Los gastos no fueron agregados con el fin de evaluar sus efectos sobre la eficiencia. Se empleó un modelo DEA orientado a los productos en virtud de que, tanto a nivel local como nacional, la demanda de maíz excede a la oferta. Este modelo fue resuelto con el programa informático

Win4deap (Coelli 1996). Para contrastar diferencias entre medias de grupos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, que fue procesada con el programa SPSS, versión 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE MAÍZ

Las fincas estudiadas arrojaron una eficiencia técnica global media de 80,8% (Tabla 1), lo cual indica que sus producciones de maíz podrían incrementarse, en promedio en 23,8% ($(1/0,808)-1$); sin aumentar los recursos aplicados actualmente y operando al tamaño de escala más productivo. Por otra parte, el valor mínimo (ETG=62,8%) revela que la finca menos eficiente debería incrementar su producción en 59,2% para alcanzar el nivel productivo de las 6 fincas eficientes del grupo comparado, que representan el 20,0% de la muestra. El índice medio de eficiencia técnica pura (ETP=86,7%) permitió estimar que la producción de las fincas ineficientes debería ser incrementada 15,3%, en promedio, para ser eficientes a la escala establecida por el grupo de 11 fincas con 100% de ETP, que representan el 36,7% de la muestra. Por su parte, la desviación típica de la ETG es menor que la reportada por Koc *et al.* (2011), lo cual indica un relativo menor nivel de heterogeneidad en la muestra.

El índice de eficiencia de escala promedio (93,5%) reflejó que hay ineficiencias debidas a que el 80,0% (100%-20,0%) de las fincas no están operando, en promedio, a sus tamaños óptimos

(volúmenes de productos). Estas ineficiencias de escala se atribuyen a que se encontraron 3 fincas (10,0% de la muestra) que operan con rendimientos a escala decrecientes, mientras que 21 fincas, que representan más de la mitad de la muestra (70,0%), se encuentran produciendo por debajo de la escala óptima con rendimientos a escala crecientes. Estas últimas fincas, que deberían aumentar su tamaño para ser más eficientes, conforman un grupo considerado como un problema estructural de la agricultura de algunos países (Papageorgiou y Spathis 2000). Por ejemplo, en estudios de eficiencia de una muestra de 89 explotaciones maiceras localizadas en la zona este del mediterráneo en Turquía, se encontró que 87,6% de la fincas tenían un tamaño subóptimo y 3,4% presentaban un tamaño por encima del óptimo (Koc *et al.* 2011).

Por otro lado, la ineficiencia generada por la escala de producción fue significativamente menor que la causada por el uso de la tecnología.

ANÁLISIS DE SEGUNDO NIVEL

Debido a que los rendimientos a escala resultaron relevantes, se categorizó el índice ETP siguiendo el procedimiento propuesto por Ribas *et al.* (2006), quien lo aplicó en ganadería bovina. Las categorías fueron: 1) nivel de eficiencia bajo ($ETP \leq 86,7\%$), 2) nivel de eficiencia intermedio ($86,7\% < ETP < 100\%$), y 3) nivel eficiente ($ETP = 100\%$). Se tomó como referencia de las categorías 1 y 2, el valor de la media de la ETP. Cada uno de los insumos y el producto, fueron medidos en totales por finca y, luego promediados

Tabla 1. Tipos de eficiencia de explotaciones maiceras en San Genaro de Boconoíto, Portuguesa.

Concepto	ETG (%)	ETP (%)	EE (%)
Mínimo	62,8	67,8	70,3
Máximo	100,0	100,0	100,0
Media	80,8	86,7	93,5
Mediana	79,5	86,5	96,6
Desviación típica	13,0	12,7	8,6
Número de fincas eficientes	6	11	6
% fincas eficientes	20,0	36,7	20,0
Número de fincas irs		21 (70,0%)	
Número de fincas drs		3 (10,0%)	

irs: rendimientos a escala crecientes drs: rendimientos a escala decrecientes.

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

por grupo. Los resultados indicaron que no hubo diferencias ($P>0,05$) en las cantidades de productos o de insumos aplicados en los procesos productivos en las fincas, discriminadas por niveles de eficiencia (Tabla 2). Esto se debe fundamentalmente a que las 30 fincas conforman un grupo relativamente homogéneo desde el punto de vista tecnológico.

Finalmente, en el Anexo 1 se presenta un resumen de la información más relevante para el plan basado en el enfoque *benchmarking*, a fin de transferir tecnología de las fincas eficientes a las menos eficientes. Ese plan debe ser acompañado de un informe detallado sobre “cómo” se realizan las mejores prácticas en las fincas eficientes, a fin de ejecutar de manera exitosa la transferencia de la tecnología.

Debido a que este plan tiene una orientación al producto y considera rendimientos variables a escala, las metas de insumos se refieren a las cantidades que se registraron en el proceso productivo evaluado y que deben ser aplicadas en el próximo ciclo productivo, con la salvedad de que en algunas fincas que presentaron holguras de insumos, sus metas incluyen disminuciones de los mismos. Por otra parte, en las fincas que presentaron 100% de eficiencia técnica pura se mantienen intactos los niveles de insumos y productos registrados en sus procesos productivos, a diferencia de las fincas ineficientes, en las cuales deberá incrementarse la producción de maíz, para transformarse en agroempresas eficientes y, en algunos casos, también se deberán disminuir los niveles de insumos.

En síntesis, para el conjunto de fincas evaluadas, se puede elevar la producción agregada de maíz de 2.575.500 a 2.969.391 kg, lo que

supone un incremento de 393.891 kg (17,1%). Este incremento no es significativamente más grande porque las fincas tienden a ser relativamente homogéneas en cuanto al uso de tecnología, debido en gran medida, a que reciben asesoría técnica de parte de instituciones públicas.

La consecución de las metas está condicionada por la capacidad gerencial del equipo de trabajo responsable del plan de transferencia de tecnología y de los productores agrarios y, obviamente, por los factores que inciden en la producción del cultivo, que pueden ser sociales, económicos, edafoclimáticos y genéticos, entre otros.

CONCLUSIONES

En la muestra de explotaciones de maíz, la eficiencia técnica global fue 80,8%, desglosada en una eficiencia técnica pura de 86,7% y una eficiencia de escala de 93,5%. Por otra parte, las ineficiencias causadas por la tecnología fueron mayores que las generadas por un tamaño o escala de producción subóptimo.

La tecnología de las fincas maiceras se ajusta a rendimientos variables a escala, con 70% de las fincas por debajo de la escala óptima y un número menor (10,0%) por encima del nivel óptimo.

Según las metas del plan formulado para la muestra de explotaciones maiceras, se puede elevar la producción agregada de maíz en 17,1%. Debido a que el modelo está orientado a los productos, estos incrementos se obtendrían con los niveles actuales de insumos (o con una pequeña reducción en algunos casos) aplicados a los

Tabla 2. Valores promedios de insumos y productos para explotaciones de maíz con niveles de bajo, medio y eficiente de ETP.

Producto e insumos	Media de las fincas	Tres niveles de eficiencia (ETP)			Kruskal-Wallis (P)
		Bajo	Intermedio	Eficiente	
Maíz (kg)	85.850,0	75.993,3	85.200,0	99.527,3	0,45
ha	18,5	18,4	17,0	19,1	1,00
Laboreo (Bs)	10.921,0	10.900,0	10.060,0	11.262,7	0,92
Semilla (Bs)	7.374,3	7.334,7	6.850,0	7.619,1	1,00
Fertilización (Bs)	5.388,7	5.395,3	4.800,0	5.593,6	0,97
Cosecha (Bs)	6.761,0	6.831,3	6.290,0	6.836,4	0,94

procesos productivos, y no son significativamente más grandes porque las fincas tienden a ser relativamente homogéneas en cuanto al uso de tecnología, debido a que reciben asistencia técnica de una sola institución pública.

De concretarse estos aumentos de producción, se estaría contribuyendo a mejorar la seguridad agroalimentaria del país y la calidad de vida de los productores agropecuarios objeto de la planificación.

REFERENCIAS

- Ajibefun, I. 2008. An Evaluation of Parametric and Non-Parametric Methods of Technical Efficiency Measurement: Application to Small Scale Food Crop Production in Nigeria. *Journal of Agriculture & Social Sciences* 4: 95–100.
- Alejua, H. 2002. Caracterización y análisis del proceso gerencial aplicado por los productores de maíz del municipio Turén, estado Portuguesa, Venezuela. *Agroalimentaria* 14:15-25.
- Álvarez, A. 2002. Concepto y Medición de la Eficiencia Productiva. En Álvarez A. (Coordinador). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Editorial Pirámide. Madrid. 334 p.
- Asamblea Nacional. 2010. Ley de Reforma Parcial de la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario. *Gaceta Oficial* N° 5.991 Extraordinario del 29 de julio de 2010.
- Banker, R., Charnes, A. and Cooper, W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30 (9): 1078-1092.
- Benacchio, S., Cañizales, R., Bejarano, A., Avilán, W. y Cánchica, W. 1988. Zonificación Agroecológica del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el país. FONAIAP. IIAG Serie C, N° 10-26.
- Briceño, G. 2008. La agricultura en cifras. Asamblea anual de FEDEAGRO. [Documento en línea]. En <http://www.innovaven.org/quepasa/agropol8.pdf> . [noviembre de 2012].
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2(6):429-44.
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. 1981. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science* 27(6):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.
- Ejecutivo Nacional. 2008. Ley Orgánica de Seguridad y Soberanía Agroalimentaria. Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley Orgánica. *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela* No. 5.889 Extraordinario de fecha 31 de Julio de 2008.
- Fedeagro (Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2012. Estadísticas agrícolas [Documento en línea]. <http://www.fedeagro.org/produccion/default.asp>. [agosto de 2012].
- Farrel, M. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120, Part III, 253-290.
- Flores, J. y Gómez-Limón, J. 2006. Planificación multicriterio de explotaciones agrarias en áreas tropicales protegidas. El caso de la zona protectora Guanare-Masparro (Venezuela). *Economía Agraria y Recursos Naturales* 11(6): 81-108. [Revista en línea] En:

- <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/8002/1/06110081.pdf>.
- Flores J. y Zambrano C. 2011. Eficiencia técnica de explotaciones agrarias mixtas con producción ovina en el municipio Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 29: 23-33. [Revista en línea] En: <http://150.187.77.68/revistas/index.php/rucyt/article/viewFile/233/271>.
- González, E. 2009. La inseguridad agroalimentaria de Venezuela. *Tribuna del Investigador* 10(1-2): 1-20.
- Hernández, J. 2009. Evolución y resultados del sector agroalimentario en la V República. *Cuadernos del Cendes* (72): 67-100.
- Klasseney, K., Rusell, R. and Chrisman, J. 1998. Efficiency and productivity measures for high contact services. *The Service Industries Journal* 18 (4):1-18.
- Koc, B., Gul, M. and Parlakay, O. 2011. Determination of technical efficiency in second crop maize growing farms in Turkey: case study for the east Mediterranean in Turkey. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 6 (5): 488-498.
- Machado, A. 2011. Importación de alimentos en Venezuela ¿Qué sería razonable? [Documento en línea]. En <http://carlosmachadoallison.blogspot.com/2011/02/importacion-de-alimentos-en-venezuela.html>. [agosto de 2012].
- Marín, D. 2002. Rendimiento y producción agrícola vegetal: un análisis del entorno mundial (1997-1999) y de Venezuela (1988 – 2001). *Agroalimentaria* 15:49-73.
- Medina, S., Marín, R., Segovia, V., Bejarano, A., Venero, Z., Ascanio, R. y Meléndez, E. 2002. Evaluación de la estabilidad del rendimiento de variedades de maíz en siete localidades de Venezuela. *Agronomía Tropical* 52(3): 255-275.
- Miller, D. 1984. Profitability = productivity + price recovery. *Harvard Business Review* 62(3): 145-153.
- Mulwa, R., Emrouznejad, A. and Muhammad, L. 2009. Economic efficiency of smallholder maize producers in Western Kenya: A DEA Meta-Frontier Analysis. *International Journal of Operational Research* 4 (3): 250 – 267.
- Papageorgiou, K. and Spathis, P. 2000. *Agriculture Policy*, Stochastis Editions, 1st ed. Agriculture University of Athens, Athens, Greece.
- Perdomo, J. y Mendieta, J. 2007. Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. *Desarrollo y Sociedad* 60: 1-45.
- Perdomo, J., Hueth, D. y Mendieta, J. 2007. Factores que afectan la eficiencia técnica en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos, *Ensayos sobre Economía Cafetera* 22:121-40.
- Ribas, A., López, C. y Flores, G. 2006. Análisis no paramétrico de las explotaciones lecheras en Galicia. El papel de la concentración parcelaria. *Estudios Agrosociales y Pesqueros* 209:111-133.
- San Vicente, F., Marín, C. y Díaz, D. 2005. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz de alta calidad de proteína (QPM) en Venezuela. *Agronomía Trop.* 55(3):397-410.
- Urdaneta, F., Peña M. y Casanova A. 2007. Análisis de eficiencia en fincas ganaderas de doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15:357.

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: XIII Encuentro de Economía Aplicada, Sevilla. pp. 1-21.

DEA Excel Solver. Kluwer Academic Publisher. Massachusetts, USA. 319 p.

Vielma, M., Cerovich, M., Miranda, F. y Marín, C. 2005. Influencia de la semilla certificada de maíz en la productividad de los sistemas de producción de maíz en grano de los estados Portuguesa y Guárico. *Agronomía Trop.* 55(3):343-361.

Zhu, J. 2009. Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets and

Anexo 1. Eficiencia, nivel actual de insumos y productos, fincas líderes y metas de producción de explotaciones de maíz en San Genaro de Boconoío, Portuguesa.

Fincas	Tipo de eficiencia (%)				Tipo Rend.	Metas de insumos (Bs)				Producción actual Maíz (kg)	Metas de producción		Nº Fincas referenciadas
	ETG	ETP	EE	ha		laboreo	semilla	Fertilización	cosecha		Maíz (kg)	Maíz (%)	
1	62,8	69,9	89,8	irs	14	7.500	5.400	4.206	5.058	49.500	70.835	43,1	0
2	80,6	82,2	98,0	irs	17	10.780	6.436	4.860	6.120	81.000	98.545	21,7	0
3	100,0	100,0	100,0	-	20	11.200	7.000	5.200	6.000	100.000	100.000	0,0	0
4	66,2	69,8	94,8	drs	24	14.750	9.203	7.155	8.750	95.000	136.014	43,2	0
5	66,4	72,8	91,1	irs	11	7.200	4.343	3.240	3.973	44.400	60.979	37,3	0
6	70,3	100,0	70,3	irs	10	6.000	4.000	2.900	3.600	41.000	41.000	0,0	0
7	69,5	69,7	99,7	irs	20	12.000	8.000	5.907	7.393	82.000	117.651	43,5	0
8	65,1	79,1	82,3	drs	40	23.200	15.370	12.000	14.405	152.000	192.167	26,4	0
9	78,4	100,0	78,4	drs	52	31.200	19.760	15.600	18.720	239.200	239.200	0,0	2
10	94,3	94,6	99,6	irs	20	12.000	7.600	5.800	7.184	110.000	116.238	5,7	0
11	81,4	83,9	96,9	irs	15	9.000	6.000	4.479	5.496	72.000	85.797	19,2	0
12	100,0	100,0	100,0	-	21	10.500	8.400	6.300	7.560	117.600	117.600	0,0	16
13	95,0	100,0	95,0	irs	10	7.000	4.000	3.000	3.700	57.000	57.000	0,0	16
14	100,0	100,0	100,0	-	20	12.000	9.200	6.000	8.000	120.000	120.000	0,0	0
15	65,0	67,8	95,9	irs	15	9.000	6.270	4.500	5.633	58.500	86.325	47,6	0
16	100,0	100,0	100,0	-	18	10.800	8.280	5.400	6.300	104.400	104.400	0,0	0
17	78,4	97,8	80,2	irs	10	5.600	4.600	3.000	3.500	45.000	46.000	2,2	0
18	81,1	100,0	81,1	irs	10	5.600	4.600	3.000	3.500	46.000	46.000	0,0	2
19	67,4	70,1	96,2	irs	15	8.700	5.901	4.350	5.400	58.500	83.501	42,7	0
20	90,9	92,4	98,3	irs	18	10.373	7.137	5.000	6.602	94.000	101.706	8,2	0
21	83,5	84,6	98,7	irs	18	9.900	7.200	5.382	6.543	86.400	102.157	18,2	0
22	83,1	83,3	99,7	irs	20	12.000	8.000	5.907	7.393	98.000	117.651	20,1	0
23	100,0	100,0	100,0	-	21	13.650	7.770	6.090	7.560	126.000	126.000	0,0	10
24	100,0	100,0	100,0	-	18	10.440	7.200	5.040	6.660	102.600	102.600	0,0	6
25	74,9	100,0	74,9	irs	10	5.500	3.600	3.000	3.600	41.000	41.000	0,0	1
26	68,7	72,5	94,7	irs	14	8.850	5.700	4.311	5.267	60.000	82.742	37,9	0
27	68,3	71,6	95,4	irs	14	8.400	5.517	4.060	5.064	56.000	78.224	39,7	0
28	68,0	71,3	95,3	irs	13	8.400	5.386	3.920	4.967	54.600	76.600	40,3	0
29	87,3	88,4	98,8	irs	18	10.440	7.200	5.354	6.598	91.800	103.808	13,1	0
30	78,0	78,2	99,7	irs	20	12.000	8.000	5.907	7.393	92.000	117.651	27,9	0
Media	80,8	86,7	93,5							85.850	98.980	17,9	
Total										2.575.500	2.969.391	17,1	

Tipo Rend: tipo de rendimiento **irs**: rendimientos a escala crecientes **drs**: rendimientos a escala decrecientes **ETG**= eficiencia técnica global **ETP**= eficiencia técnica pura **EE**= eficiencia de escala

DENSIDAD POBLACIONAL Y USOS DEL PAUJÍ COPETE DE PIEDRA (*Pauxi pauxi*) EN EL PARQUE NACIONAL YACAMBÚ, ESTADO LARA*

Population density and uses of the helmeted curassow (*Pauxi pauxi*) in Yacambú National Park, Lara State, Venezuela

Jessica Ortega-Argüelles¹ y Antonio González-Fernández²

RESUMEN

Se estudiaron los cambios en la densidad poblacional y los usos tradicionales del paují copete de piedra (*Pauxi pauxi*) en el Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. El trabajo se fundamentó en un conteo de nidos activos e individuos observados durante las temporadas reproductivas de los años 2009 y 2010; adicionalmente, se realizaron entrevistas a 142 pobladores en el período junio-agosto de 2009, con base en un cuestionario de 26 preguntas cerradas. Los resultados evidencian un incremento en la densidad poblacional de *Pauxi pauxi* entre 2009 y 2010 (0,17 y 0,26 ind/km², respectivamente), probablemente como resultado de una disminución en la caza ilegal dentro del área de estudio; sin embargo, los valores correspondientes a estos dos años fueron inferiores a los estimados en fechas previas. Esta tendencia podría estar influenciada por los efectos combinados de la caza en años recientes y la desaparición de hábitats boscosos por la expansión de las fronteras agrícolas.

Palabras clave: *Pauxi pauxi*, conservación, usos tradicionales, Venezuela.

ABSTRACT

Changes in population density and traditional uses of the northern helmeted curassow (*Pauxi pauxi*) were studied in Yacambú National Park, Lara State, Venezuela. The research was based on a survey of active nests and observed individuals during the breeding season of the years 2009 and 2010; in addition, we conducted interviews to 142 local residents between June and August 2009, with 26 questions in a closed format questionnaire. The results show an increase of population density between 2009 and 2010 (0.17 and 0.26 ind/km², respectively), probably by a reduction of hunting activities around the study area; however, both values are lower than those estimated in previous dates. This tendency could be conditioned by the combined effects of hunting in recent years and the reduction in forest habitats by the expansion of agricultural activity.

Key words: *Pauxi pauxi*, conservation, traditional uses, Venezuela.

(*) Recibido: 13-09-2011

Aceptado: 06-02-2012

¹ Maestría en Manejo de Fauna Silvestre. UNELLEZ, Guanare3350, Po. Venezuela, email: ortegaarguelles@gmail.com

² Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela, email: angonfer@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

La cordillera de los Andes en la zona tropical constituye una de las regiones más ricas y diversas del planeta en lo que respecta a su biota, presenta una compleja geografía que concede una enorme heterogeneidad ecosistémica. Esta región tiene concentraciones excepcionales de especies endémicas, en áreas conocidas como “puntos calientes” (Myers *et al.* 2000). Aunque su extensión es restringida (1% de la masa continental del planeta), contiene más de 100 variedades de ecosistemas, 45.000 especies de plantas vasculares y 3.400 especies de vertebrados (Josse *et al.* 2009).

Las aves de la familia Cracidae (Orden: Galliformes) constituyen importantes componentes de la fauna en los bosques neotropicales y están representados por seis especies en los andes venezolanos (Hilty 2003). La mayoría de ellas muestran bajas densidades poblacionales y desempeñan un papel importante en la dispersión de semillas (Rivas *et al.* 2003), promueven la regeneración de los bosques y actúan como importantes indicadores del estado de conservación de algunos ecosistemas (Strahl y Grajal 1991).

Dentro de la familia Cracidae, los paujés poseen las tallas mayores y las tasas reproductivas más bajas (Serlaghatkish y Brooks 1999), representan un alto porcentaje de la biomasa de vertebrados en ecosistemas boscosos (Terborgh 1986). Sus poblaciones están siendo reducidas por una fuerte presión de caza (Franco y Santamaría 1997), ya que constituyen una fuente importante de proteína y su venta genera ingresos para los pobladores de algunas áreas naturales en países como Venezuela (Bisbal 1994), Brasil (Begazo y Bodmer 1998) y Colombia (Cuervo *et al.* 1999); esta sobreexplotación puede conducir a la extinción local de aquellas especies más sensibles (Robinson y Redford 1994), aunado a la pérdida continua de sus hábitats.

El paují copete de piedra posee una de las distribuciones más restringidas dentro de este grupo de crácidos, con registros que abarcan desde el norte de Colombia hasta el occidente y centro de

Venezuela (Hilty 2003). Sus poblaciones son consideradas como amenazadas (Collar *et al.* 1992; Rodríguez y Rojas-Suárez 2008; BirdLife International 2012), sobre todo en aquellas áreas con altas presiones de caza (Silva y Strahl 1997a; Serlaghatkish y Brooks 1999) y donde ocurre la pérdida o degradación constante de bosques primarios (Etter y Van Wyngaarden 2000).

Aunque la distribución de *P. pauxi* abarca varias áreas naturales protegidas en Venezuela, la destrucción de sus hábitats y la cacería ilegal han causado una evidente declinación poblacional; por esta razón, la especie ha sido señalada como el ave con mayor prioridad de conservación dentro del territorio venezolano (Rodríguez *et al.* 2004) y ha sido objeto de varias iniciativas orientadas a su conservación; entre ellas resaltan evaluaciones previas de su densidad poblacional en el Parque Nacional Yacambú (Silva y Strahl 1997b y Gómez 2008), la instrumentación de programas educativos (Silva 1997 y Silva y Pellegrini 1997), estudios sobre los impactos de la cacería (Silva y Strahl 1997b) y su importancia en un contexto social (Setina *et al.* 2008). A pesar de estas contribuciones, es necesario profundizar en estudios sobre las tendencias poblacionales de *P. pauxi*, así como su estatus de conservación en aquellas áreas donde se presumen condiciones óptimas para la supervivencia de esta especie.

El objetivo del presente trabajo fue conocer y actualizar aspectos relacionados con el estado de conservación del paují copete de piedra en un área protegida de los Andes venezolanos; esto incluyó una estimación de la densidad poblacional en dos años consecutivos (2009 y 2010), así como una evaluación de los conocimientos existentes en la población local en cuanto a la abundancia relativa y los usos tradicionales.

ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Yacambú posee una superficie de 26.916 ha y está ubicado en la región centro-occidental de Venezuela (N 9°25'44" - 9°51'56"; O 69°26'08" - 70°08'15"; Figura 1), en un sector que comprende el sur del estado Lara (municipio Andrés Eloy Blanco) y el norte del estado Portuguesa (municipio José Vicente de

Unda). Abarca las cuencas altas de los ríos Yacambú, Tocuyo y Turbio, las cuales forman parte de la Sierra de Portuguesa. Fue creado el 12 de junio de 1962 mediante Decreto N° 771, publicado en la Gaceta Oficial N° 26.873 (Venezuela 1962).



Figura 1. Ubicación geográfica del Parque Nacional Yacambú, estado Lara.

La altitud varía entre 500 y 2280 msnm, con una temperatura promedio de 20,6 °C y una precipitación anual que oscila entre 1700 y 2300 mm, concentrada entre los meses de abril y noviembre (Parkswatch 2012). Según MARNR (1986), el tipo climático hídrico es húmedo, lo que condiciona una cobertura vegetal que corresponde a bosques nublados y semidecuidos en relieves abruptos. Alberga al menos 600 especies de plantas (UNELLEZ- Fundación Polar 1995) y una riqueza faunística relativamente alta (Lentino y Goodwin 1993; Ataroff 2003) que incluye algunas aves amenazadas de extinción o endémicas (Lentino y Esclasans 2005).

La economía en los caseríos aledaños al parque nacional está basada en la producción de café, papas y hortalizas de piso alto, actividades adaptadas al tipo de relieve ondulado y accidentado que caracteriza al área (Aponte y Salas 2003). Durante las últimas décadas los pobladores de estos caseríos han deforestado extensas superficies para cultivos, éstas actividades, junto con la caza de fauna silvestre, constituyen los problemas más relevantes en esta localidad (Aponte y Salas 2003).

METODOLOGÍA

Para estimar la densidad, durante las primeras horas de la mañana (0600-0900 h) se realizaron recorridos en senderos, bordes de cuerpos de agua y caminos existentes en el parque nacional, lo que permitió la búsqueda de nidos y la observación directa de individuos; estas actividades coincidieron con la temporada reproductiva (febrero-abril) de dos años consecutivos (2009 y 2010). Los sitios donde se efectuaron las observaciones fueron escogidos en función de su mayor probabilidad para la detección de *P. pauxi* (Gregory *et al.* 2004), con énfasis en aquellos parches boscosos que conforman el núcleo del parque y que se ubican por encima de la cota de 1300 msnm. La superficie considerada bajo estas premisas fue 46 km², calculada mediante el software MapSource de Garmin®. La densidad de la fracción reproductora se estimó asumiendo la estrategia monógama del paují, con dos huevos por postura (Brooks y Strahl 2000) y la producción de dos crías al año (Schäfer 1953) donde ambos progenitores cuidan a su descendencia (Serlaghatkish y Brooks 1999).

Con el fin de lograr conteos de nidos confiables, Bibby *et al.* (1998) recomendaron contar sólo aquellos nidos activos y que cumplan al menos con una de las siguientes premisas: 1. Que al menos dos individuos sean vistos en el nido; 2. Que sean halladas señales de actividad, tales como excrementos y mudas; 3. Que el nido contenga huevos o juveniles; o 4. Que los adultos sean observados transportando alimentos o atendiendo llamados de las crías. Al utilizar los nidos como unidad de muestreo, se puede estimar el número de parejas en un área (Gregory *et al.* 2004).

Tomando en cuenta la metodología señalada por Hernández *et al.* (2006), desde junio hasta agosto de 2009 se utilizó un cuestionario de 26 preguntas cerradas para entrevistar a 142 pobladores conocedores de la historia natural de *P. pauxi*; en su totalidad, estas personas eran habitantes de caseríos adyacentes al Parque Nacional Yacambú. Las entrevistas se fundamentaron en aspectos socioeconómicos básicos, además de algunas preguntas relativas a la presencia del paují copete de piedra en condiciones silvestres y en cautiverio, sus usos y los patrones de caza. Los datos obtenidos fueron interpretados mediante análisis de distribución de frecuencias.

Debido al patrón cultural predominante en el área, la mayoría de las entrevistas se aplicaron a la población masculina. Esta discriminación obedece a que los hombres ejecutan la mayor parte de las actividades de caza y tienen un conocimiento más preciso sobre la fauna de su entorno. En tal sentido, 73,9% de las encuestas se aplicaron a hombres y 26% a mujeres (Tabla 1). La mayoría de las personas consultadas estuvo conformada por adultos jóvenes, con edad media de 39,5 años, tiempo promedio de residencia en el área de 30,5 años y nivel de educación primario.

Tabla 1. Procedencia y distribución por sexo de las personas entrevistadas en el Parque Nacional Yacambú y sus alrededores, estado Lara.

Caserío	Sexo		Total
	Masculino	Femenino	
Gran Parada	14	6	20
Guapa Arriba	21	8	29
Hacha	5	8	13
Caspo	20	5	25
Monte Carmelo	12	8	20
La Escalera	16	0	16
La Cañada	17	2	19
Sub-total	105	37	
Total			142

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimación de la densidad

Se encontraron dos nidos en la temporada reproductiva del 2009 y tres en el 2010, lo que corresponde a densidades estimadas de 0,17

ind/km² y 0,26 ind/km², respectivamente (Tabla 2). Estos valores contrastan con los hallados en esta misma localidad por Silva y Strahl (1991), quienes reportaron para *P. pauxi* densidades entre 2 y 8 ind/km², mientras que Gómez (2008) señaló un valor estimado de 0,37 ind/km². En tal sentido, los datos disponibles para un periodo cercano a 20 años sugieren una tendencia a la disminución en el número de individuos por superficie, a pesar de los sesgos que pudieran estar asociados con el uso de metodologías diferentes o la experticia de los observadores.

Tabla 2. Estimación de la densidad de *P. pauxi* en el Parque Nacional Yacambú, estado Lara.

Temporada reproductiva	Nidos	Individuos/nido	Densidad (ind/km ²)
2009	2	4	0,17
2010	3	4	0,26

El número de individuos hallados en este estudio se puede considerar muy bajo, aunque esta especie es conocida por su rareza en todo su rango de distribución (Strahl y Silva 1997), por lo que ha sido asignado a las listas de especies en peligro de extinción (Rodríguez y Rojas-Suárez 2008). Sin embargo, el hallazgo de nidos activos indica que el área evaluada mantiene condiciones apropiadas para la reproducción de esta especie (Gregory *et al.* 2004). Es importante resaltar que los nidos utilizados en la temporada reproductiva de 2009 no fueron utilizados en el 2010.

Patrones de caza

En la actualidad sólo 7% de los entrevistados se dedica a la caza de animales silvestres; los productos de esta actividad son consumidos localmente y no son vendidos, en contraste con otras zonas de los Andes (Muñoz *et al.* 2006). La obtención de un paují genera satisfacción a los cazadores, quienes señalan que es una presa grande, con bastante carne y difícil de encontrar. En Venezuela, a pesar de que la especie tiene veda indefinida, la presión de cacería dentro y fuera de las áreas protegidas es la segunda amenaza que existe sobre la especie *P. pauxi* (Rodríguez y Rojas-Suárez 2008).

Los entrevistados que en algún momento abandonaron la cacería testificaron que en la

actualidad esta actividad está asociada a muchos riesgos y costos, ya que no poseen las mismas habilidades (la mayoría son personas de edad avanzada) y las municiones son más costosas (sin éste insumo es difícil lograr éxito en la caza); asimismo, afirmaron que la carne de paují, a pesar de tener muy buen sabor, es muy similar a la de gallina doméstica (*Gallus gallus*), por lo que la obtención de paujies por cacería no compensa los riesgos y la inversión en tiempo y esfuerzo.

Dos terceras partes de los entrevistados (68%) afirmaron que durante el período de sequía (enero-marzo) los paujies son más cazados, lo que coincide con otras observaciones realizadas en los Andes venezolanos (Muñoz *et al.* 2006) y en diferentes parques nacionales de Venezuela (Silva y Strahl 1997a); sobre este particular, Gómez (2008) señaló que la vocalización de los machos fue muy alta entre febrero y marzo, que coincide con la temporada previa a la reproducción. Los cazadores emplean diversas estrategias para ubicar al paují, de las cuales la más utilizada (51%) es el seguimiento de sus vocalizaciones (pujido), emitidas por los machos durante el cortejo; estos sonidos pueden oírse a una distancia de hasta 700 m (Gómez 2009 com. per.). La vocalización de esta especie, aunada a su vuelo conspicuo al evadir cualquier amenaza, incrementa su vulnerabilidad, tal como ocurre para otras especies de la familia Cracidae (Serlaghatkish y Brooks 1999).

Usos tradicionales

En lo que respecta a los usos, 42,3% de las personas consultadas manifestó haber utilizado al paují copete de piedra en su alimentación, 40% para actividades vinculadas con creencias mágico-religiosas o medicinales, y apenas 2,8% como mascota o en adornos; el sector más frecuentado por los cazadores corresponde a la carretera del parque nacional (43%), seguido en importancia por la Montaña de Caspo (31%) y las zonas adyacentes a El Blanquito (11%).

El copete de esta especie es colgado como amuleto en las paredes de las casas, para evitar la energía negativa de cualquier persona o animal; una situación similar fue descrita por Setina *et al.* (2008) y Yahuarcani *et al.* (2009) para *P. pauxi* y

otros crácidos. Los individuos criados como mascotas provienen de la extracción de huevos en los nidos, los cuales son incubados por gallinas caseras. En cuanto a los usos medicinales, el copete o “piedra” es utilizado también para curar la parotiditis aguda, enfermedad caracterizada por el aumento del volumen de las glándulas salivales; por otra parte, las plumas eran empleadas en décadas pasadas para adornar los sombreros.

Percepción sobre la abundancia del Paují Copete de Piedra

De acuerdo con las opiniones de 48% de los entrevistados, los paujies eran comunes hace 10 años, mientras que 39% aseguró que eran escasos; algunos señalaron que hace 20 años los paujies formaban grupos de 15 a 20 individuos. En la actualidad, 49% indicó que es un ave escasa, mientras que 36% lo consideró raro y difícil de observar en grupos con más de tres individuos; esta última tendencia pudo ser corroborada en este estudio, probablemente como resultado de la disminución en los niveles poblacionales y la disminución de sus hábitats.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) por financiar esta investigación, al Instituto Nacional de Parques (INPARQUES) por el apoyo logístico mediante permisos N° PAA-119-2009 y PPA-099-2010. A Héctor Chávez, Juan “Palote” Jiménez, Jesús Hernández, Diego Lucena, Esdduar Salazar quienes me prestaron todo su apoyo en Yacambú. Francisco Pineda y Ambrosio Lucena por su guía en el trabajo de campo, al Profesor Duilio Nieves y José Ochoa G. por sus valiosos aportes a este manuscrito.

REFERENCIAS

- Aponte, C. y Salas, V. 2003 Estado de conservación del Parque Nacional Yacambú. [documento en línea] En: www.bioparques.org. [noviembre de 2011].
- Ataroff, M. 2003. Selvas y Bosques de Montaña. En: Aguilera, A., Azócar, A. y González, E. (Eds.) Biodiversidad en Venezuela.

- Fundación Polar, Ministerio de Ciencia y Tecnología y Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Caracas, Venezuela. pp. 760-809.
- Begazo, A. and Bodmer, E. 1998. Use and conservation of Cracidae (Aves: Galliformes) in the Peruvian Amazon. *Oryx* 32: 301-309.
- Bibby, C. Jones, M. and Marsden, S. 1998. Expedition Field Techniques. Bird Surveys. Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society, London. pp. 5-52.
- BirdLife International 2012. *Pauxi pauxi*. In: IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. [documento en línea] En: <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/141179/0> [octubre de 2012].
- Bisbal, F. 1994. Consumo de fauna silvestre en la zona de Imataca, estado Bolívar, Venezuela. *Interciencia* 19(1):28-33.
- Brooks, D. and Strahl, S. 2000. Curassows, guans and chachalacas: status survey and conservation action plan for Cracids 2000–2004. IUCN/SCC Cracid Specialist Group, IUCN, Gland, Switzerland. pp. 56-72.
- Collar, N., Gonzaga, L., Krabbe, N., Modroño-Nieto, A., Naranjo, L., Parker, T. and Wegw, D. 1992. Threatened Birds of the Americas. Smithsonian Inst. Press, Washington and London. pp. 149-151.
- Cuervo, A., Ochoa, J. y Salaman, P. 1999. Últimas evidencias del Paujil de Pico Azul (*Crax alberti*) con anotaciones sobre su historia natural, distribución actual y amenazas específicas. *Bol. SAO Vol. X No. 18-19*.
- Etter, A. and Van Wyngaarden, W. 2000. Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean Region. *Ambio* 29(7): 443-450.
- Franco, A. y Santamaría, M. 1997. Área vital, hábitos alimenticios y otros aspectos de historia natural del paujil *Mitu salvini*. En: Fang, T. Bodmer, R. Aquino, R. y Valqui, M. (Eds.) Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía. UNAP- University of Florida-UNDP/GEF- Instituto de Ecología. La Paz. Bolivia. pp. 267-282.
- Gómez, V. 2008. Bases para la conservación del Paují Copete de Piedra (*Pauxi pauxi*) en el Parque Nacional Yacambú. Informe de Avance. INPARQUES. Dirección Regional Lara, Venezuela. 20 pp.
- Gregory, R., Gibbons, D. and Donald, P. 2004. Bird census and survey techniques. In: Sutherland, W., Newton, I. and Green, R. (Eds.): Bird Ecology and Conservation, a Handbook of Techniques. Oxford University Press, Oxford. pp. 17-56.
- Hernández, R., Fernández-Collado, C., y Baptista, P. 2006. Metodología de la Investigación. Cuarta edición. McGraw-Hill. México. pp. 272-405.
- Hilty, S. 2003. Birds of Venezuela. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. pp. 264-265.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina. Lima, Perú. pp. 8-9.
- Lentino, M. y Goodwin, M. 1993. Lista de Aves del Parque Nacional Yacambú. Segunda Edición. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. Caracas, Venezuela. 6 p.
- Lentino, M. y Esclasans, D. 2005. Áreas Importantes para la conservación de las Aves en Venezuela. En: BirdLife Internacional y Conservación Internacional. Áreas Importantes para la conservación de la Biodiversidad. Quito, Ecuador. pp 621-730.

- MARNR, 1986. Zonificación agroclimática de los estados Lara y Yaracuy. Dirección General de Información e Investigación del Ambiente. Dirección de Hidrología. 120 pp.
- Muñoz, D., Castillo, R. y Salas, V. 2006. Estado de conservación del Parque Nacional Guaramacal. [documento en línea] En: http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/gunp_spa.pdf. [febrero de 2012].
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Fonseca, G. and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Parkswatch, 2012. Venezuela: Parque Nacional Yacambú. [documento en línea] En: http://www.parkswatch.org/parkprofiles/slide-shows/yanp/yanp01_spa.pdf. [febrero de 2012].
- Rivas, J., Morales, J. y Flores, M. 2003. El papel de los Crácidos (Aves: Galliformes) como dispersores y depredadores de semillas. San Carlos de Guatemala. Guatemala. 54 pp.
- Robinson, G. and Redford, K. 1994. Measuring the sustainability of hunting in tropical forests. *Oryx* 28(4):249-256.
- Rodríguez, J. y Rojas-Suarez, F. (Eds.) 2008. Libro Rojo de la Fauna Venezolana, 3ra Ed. PROVITA y Shell de Venezuela S. A. Caracas, Venezuela. p. 130.
- Rodríguez, J., Rojas-Suárez, F. and Sharpe, C. 2004. Setting priorities for the conservation of Venezuela's threatened birds. *Oryx* 38: 373-382.
- Schäfer, E. 1953. Estudio bioecológico comparativo sobre algunos Cracidae del norte y centro de Venezuela. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 15(80): 30-63.
- Serlaghatkish, G. y Brooks, D. 1999. Retraso Evolutivo en los Crácidos: Cantando para ser la cena del cazador. En: Fang, T., Montenegro, O. y Bodmer, R. (Eds.) Manejo y Conservación de Fauna Silvestre en América Latina. Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado-University of Florida-Instituto de Ecología-WCS. La Paz, Bolivia. pp. 335-341.
- Setina, V., Lizcano, D., Berrio, L. y Suárez, C. 2008. Percepciones y actitudes hacia el paujil copete de piedra (*Pauxi pauxi*) y hacia la pava negra (*Aburria aburri*) en el Parque Nacional Natural Tamá, Colombia. *Boletín del Grupo Especialista en Crácidos*. 25: 23-26.
- Silva, J. 1997. Proyecto de educación para cazadores furtivos en Parques Nacionales al Norte de Venezuela. In: Strahl, S., Beaujon, S., Brooks, D., Begazo, A., Sedaghatkish, G. and Olmos, F. (Eds.). *The Cracidae: their Biology and Conservation* Hancock House Publ., Wa. pp. 424-436.
- Silva, J. and Strahl, S. 1991. Human impact on populations of chachalacas, guans and Curassows (Galliformes: Cracidae) in Venezuela. In: Robinson, J. and Redford, K. (Eds.). *Neotropical Wildlife Use and Conservation*. Univ. Chicago Press. pp. 37-52.
- Silva, J. y Pellegrini, N. 1997. Anteproyecto de Educación Ambiental para la Conservación de la Familia Cracidae en Venezuela. In: Strahl, S., Beaujon, S., Brooks, D., Begazo, A., Sedaghatkish, G. and Olmos, F. (Eds.) *The Cracidae: their Biology and Conservation*. Hancock House Publ., Wa. pp. 195-196.
- Silva, J. y Strahl, S. 1997a. Presión de caza sobre poblaciones de crácidos en los parques nacionales al norte de Venezuela. In: Strahl, S., Beaujon, S., Brooks, D., Begazo, A., Sedaghatkish, G. and Olmos, F. (Eds.). *The Cracidae: their Biology and Conservation* Hancock House Publ., Wa. pp. 437-448.
- Silva, J. y Strahl, S. 1997b. Condición actual de las poblaciones de Cracidae en ocho

- localidades en Venezuela. In: Strahl, S., Beaujon, S., Brooks, D., Begazo, A., Sedaghatkish, G. and Olmos, F. (Eds.). *The Cracidae: their Biology and Conservation* Hancock House Publ., Wa. pp. 396-397.
- Strahl, D. y Grajal, A. 1991. Conservation of large avian frugivores and the management of Neotropical protected areas. *Oryx* 25: 50–55.
- Strahl, S. and Silva, J. 1997. Census methods for cracids populations. In: Strahl, S., Beaujon, S., Brooks, D., Begazo, A., Sedaghatkish, G. and Olmos, F. (Eds.). *The Cracidae: their Biology and Conservation*. Hancock House Publ., Wa. pp 26-33.
- Terborgh, J. 1986. Community aspects of frugivory in tropical forests. En: Estrada, A. and Fleming, T. (Eds.). *Frugivores and seed dispersal*. Junk, Publishers Dordrecht. pp. 371-384.
- UNELLEZ-Fundación Polar. 1995. Parque Nacional Yacambú. Marrero, C. (Ed.). Caracas, Venezuela. 101 pp.
- Venezuela, 1962. Presidencia de la República. Decreto N° 771 del 12/06/1962, publicado en la Gaceta Oficial N° 26873. Caracas Venezuela.
- Yahuarcani, A., Morote, K., Calle, A., y Chujandama, M. 2009. Estado de conservación de *Crax globulosa* en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto *Rev. Perú. Biol.* 15(2): 041- 049

COMPOSTAJE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE UVA (*Vitis vinifera* L.) EN CONDICIONES TROPICALES*

Agro-industrial waste composting of grape (*Vitis vinifera* L.) in tropical conditions

Oswaldo Valor¹ y José Sánchez¹ **

RESUMEN

El compostaje de residuos agroindustriales de uva fue estudiado en Cabudare estado Lara, Venezuela. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con 4 repeticiones. Se evaluaron: Sarmientos (T1), Orujos (T2), Sarmientos + orujos (T3), Sarmientos + orujos + estiércol de conejo (T4) y Sarmientos + urea (T5). Se cuantificó la temperatura, la relación C/N, la materia orgánica, el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de macroelementos (N, P, K, Ca y Mg) al inicio y final del compostaje. La temperatura se incrementó a partir del tercer día, a los 7 días alcanzó la etapa termofílica hasta el enfriamiento que culminó a los 43 días. La etapa termofílica más prolongada (21 días) se presentó en T3, T4 y T5 y la más baja (14 días), en T1 y T2. La relación C/N previo al compostaje para T3 y T4 fue 25 y 30, óptima para una eficiente degradación biológica. La degradación final de los sarmientos + orujos y sarmientos + urea produjeron la relación C/N más baja con respecto a los sarmientos, orujos y sarmientos + orujos + estiércol de conejo. Los residuos procesados de sarmientos + orujos presentaron porcentaje más alto de nitrógeno y potasio; mientras que en la combinación de sarmientos + orujos + estiércol de conejo fueron más altos el fósforo, calcio y magnesio. En el proceso, la materia orgánica y la conductividad eléctrica resultaron altas; mientras que el pH fue cercano a la neutralidad.

Palabras clave: Sarmientos, orujo, temperatura, nutrientes.

ABSTRACT

Compost production from grape agro-industrial waste was studied at Cabudare, Lara State, Venezuela. The experimental design was completely randomized with four replications. Were evaluated: vines canes (T1), marc (T2), vines canes + marc (T3), vines canes + marc + rabbit manure (T4) and vines canes + urea (T5). Temperature, C/N ratio, organic material, pH, electrical conductivity and macroelements content (N, P, K, Ca and Mg) were quantified at the start and end of composting. The temperature increased after the third day, and at the seventh day it reached the thermophilic stage, until cooling culminating at 43 days. The longest thermophilic stage (21 days) occurred at T3, T4 and T5 and the lowest (14 days) at T1 and T2. The C/N ratio prior to composting for T3 and T4 was 25 and 30, what is optimal for an efficient biological degradation. The final degradation of the canes vines + marc and vines canes + urea produced lower C/N values as compared to vines canes, marc and vines canes + marc + rabbit manure. Processed waste vines canes + marc showed the highest percentages of nitrogen and potassium, while in the combined vines canes + marc + rabbit manure phosphorus, calcium and magnesium were higher. In the process, the organic material and the electrical conductivity were high, whereas the pH was nearly neutral.

Key words: vines canes, marc, temperature, nutrient.

(*) Recibido: 10-10-2012

Aceptado: 14-03-2013

¹Instituto de la Uva, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. E-mail: oswaldovalor@gmail.com.

** Trabajo financiado por el Centro de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la UCLA.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la uva genera un volumen importante de biomasa residual, una que se origina en el viñedo después de la poda de fructificación (Hidalgo 2002) y la otra en la industria vinícola en el despalillado, prensado y fermentación del mosto de la uva (Oreglia 1978). En la zona templada la producción de esta biomasa ocurre una vez por año (Winkler *et al.* 1974), mientras que en la zona tropical ocurre varias veces al año producto de dos o más ciclos vegetativos que el cultivo desarrolla en estas condiciones (Boubals 1988; Bautista 1995).

La biomasa vegetal renovable de una planta de vid está constituida principalmente por los sarmientos, en los que se insertan las hojas, los brotes laterales o nietos, las yemas latentes y los racimos (Bautista 1995). Gristina y Fuller (1992) reportaron en viñedos de Nueva Zelanda pesos de poda entre 1,1 y 1,6 kg por planta. Los últimos autores reportaron rendimientos de pesos de poda en la variedad Chardonnay de 9 a 10 t/ha en el 50% de los viñedos, cerca de 6 t/ha en el 33% y de 0 a 4 t/ha en el resto. Kliewer *et al.* (2000) obtuvieron pesos de poda por metro lineal de follaje de 0,48 kg para el sistema de conducción en lira y de 0,89 kg para el sistema en espaldera. Valor (2004) estudió los sistemas de conducción lira y espaldera, en condiciones tropicales con el cultivar de mesa Datal, reportó pesos entre 1,60 y 1,67 kg y entre 1,34 y 1,49 kg por planta por ciclo vegetativo, respectivamente, lo que representó una biomasa vegetal anual promedio entre 6,6 y 11,1 t/ha/año.

La biomasa producida en la industria vinícola básicamente, proviene de uvas para la elaboración de vinos, se encuentra conformada por el raspón (pedúnculo y el raquis) que representa del 2 al 4 % del peso del racimo al momento de la maduración, el hollejo (epicarpio) que constituye del 6 al 12 % del peso de la baya y las semillas que aportan del 2 al 5,5% del peso de la baya, según la variedad (Oreglia 1978).

Romero (2005) señaló que los residuos de la vid en el contexto como son generados no tienen

valor económico y afectan negativamente al medio ambiente. La reutilización de esta materia orgánica vegetal mediante el compostaje, proceso aeróbico y biológico de degradación, bajo condiciones controladas, representa una alternativa para contrarrestar los daños al ambiente. Es una técnica muy antigua, en la cual se mezclan los desechos (Melo *et al.* 2012) y se proporciona, niveles de humedad, aireación y temperatura favorables para que los microorganismos conviertan estos materiales en compuestos orgánicos estabilizados (Misra *et al.* 2003).

En la zona templada, los desechos provenientes de la uva son empleados como "mulch" que es la aplicación del propio compost y materia orgánica sin descomponer sobre la superficie del suelo; entre los beneficios que genera se citan, la suplencia de nutrientes, evitar la germinación de las malezas, conservar la humedad de los suelos, entre otras (Wilkinson 2003; Cass *et al.* 2004; Penfold 2004). En otros estudios se reportan los desechos de uva combinados con otras fuentes orgánicas para la obtención de compost (Agnew *et al.* 2003). En el trópico el empleo de residuos de la uva sin tratamiento constituye la fuente principal para el establecimiento de plagas en el viñedo por lo que la práctica más habitual es la incineración "in situ" o la descarga directa a los efluentes que causa daños al ambiente; de este modo resulta importante, estudiar el compostaje de residuos agrícolas e industriales de vid.

El propósito de este estudio fue evaluar el proceso de compostaje y algunos parámetros químicos del compost originado por residuos agroindustriales de uva en el estado Lara, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los viñedos de la estación experimental Tarabana, Instituto de la Uva, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, localizada a 10° 01' 25" LN y 69°16'46" LO, a 510 msnm; municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. En la Tabla 1 se presentan las condiciones climáticas durante el desarrollo experimental.

Tabla 1. Información climatológica de la estación experimental “Ing. Miguel Luna Lugo” Año 2006.

Meses	Lluvias		Evaporación	Temperaturas		
	mm	Días		Max.....Min	ATD*
Abril	69,10	5	6,60	31,30	19,40	11,90
Mayo	69,10	8	6,90	30,70	19,90	10,80
Junio	127,60	15	5,10	28,30	15,90	12,14

*Amplitud Térmica Diaria

Los residuos agroindustriales se obtuvieron a partir del híbrido interespecífico Criolla negra (Olmo 1968) cultivada en condiciones de la localidad de Tarabana.

El proceso de compostaje se realizó en pila. Se construyeron 20 composteros a plena exposición solar con bloque y piso de concreto, diseñados en 5 módulos, cada uno con 5 cubículos con capacidad de 1 m³ (1m de largo x 1m de ancho x 1m de profundidad), se llenaron cuatro cubículos, se dejó uno vacío para la labor de volteo o aireación de la masa compostada. Los composteros se construyeron a inicios del mes de abril de 2006. El acondicionamiento del material (repicado) y el llenado de los cubículos se realizó al final del mismo mes.

Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, la unidad experimental la constituyó el compostero de 1 m³. El proceso de compostaje se realizó hasta que el volumen compostado alcanzó la temperatura ambiente de 26±2°C.

Los materiales orgánicos utilizados para el compostaje: orujos, sarmientos y hojas de vid se fraccionaron mecánicamente utilizando un biotriturador Caravaggi modelo Bio80, hasta obtener trozos de los residuos aproximadamente 2 a 6 cm de largo. En dos tratamientos se incorporaron; estiércol de conejos alojados en jaulas y urea al 0,3%, siguiendo el procedimiento descrito por Madrid y Castellanos (1998). En la Tabla 2 se señalan los tratamientos y proporciones de residuos.

Las pilas se conformaron siempre en el mismo orden y mediante capas alternas de cada componente según la proporción, se utilizó como unidad de medida una cesta de polietileno de capacidad 0,06 m³. En cada pila o cubículo se mantuvo la humedad favorable (60%) para

mantener la actividad microbiana activa mediante riego con micro aspersores con capacidad de 72 litros hora, durante 20 minutos, dos veces al día y luego cubiertas con plástico perforado para minimizar las pérdidas de calor y humedad (Leal y Madrid 1998). Posteriormente se realizó un volteo semanal del volumen compostado (Arrigo *et al.* 2005). La temperatura de los composteros se midió cada 48 horas entre 8 y 9 am con un termómetro marca TEL-TRU con termo cupla de 20 cm de largo. La temperatura es un factor que orienta la evolución de proceso de compostaje (Madrid y Castellanos 1998).

Tabla 2. Tratamientos y proporción de residuos empleados en el estudio.

Nº	Tratamientos	Proporción
1	Sarmientos	1
2	Orujos	1
3	Sarmientos + Orujos	1:1
4	Sarmientos + Orujos+ Estiércol de Conejo	1:1:1
5	Sarmiento+ Urea	1:0,540kg

El análisis químico de los residuos individuales y mezclados en los diferentes tratamientos, se efectuó antes y después del proceso de compostaje. Para ello, se obtuvieron muestras de 1,0 kg procedente de 6 submuestras tomadas a 25, 50 y 75 cm de profundidad, utilizando un palín de jardinería. Se colocaron en bolsas individuales y fueron llevadas de inmediato al laboratorio. La materia orgánica se determinó por combustión húmeda según Walkley & Black, el nitrógeno por Kehjdal, fósforo por espectrofotometría de absorción atómica, el calcio, magnesio y potasio a través de la digestión por incineración a 500 °C x 5 horas en disolución de ácido nítrico 32,5% y posterior lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica, el pH y conductividad eléctrica se midieron en una relación sustrato: agua de 1:2 y posterior lectura con potenciómetro marca Orión y conductímetro marca, Cole Palmer, respectivamente.

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza y separación de medias a través de la prueba de rango múltiple de Duncan usando el programa de computación STATISTIX versión 8.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta el registro de las temperaturas obtenidas durante los 43 días que duró el compostaje. La temperatura se incrementó a los 3 días de iniciado el compostaje y se mantuvo en rango termófilo hasta aproximadamente 7 días cuando se obtuvieron los máximos valores. Posteriormente, disminuyó de manera progresiva hasta la temperatura ambiente ($26\pm 2^\circ\text{C}$), lo que ocurrió a los 43 días y presentó evidencias de compostaje óptimo como material migajoso, color oscuro y olor a tierra húmeda. Los resultados fueron similares a los de Manios y Verdonck (1985), quienes observaron temperatura en el rango termófilo a partir de 4 días de iniciado el compostaje con sarmientos de vid, además coinciden con lo informado por Leal y Madrid (1998) y Girón *et al.* (2001) con diferentes residuos orgánicos.

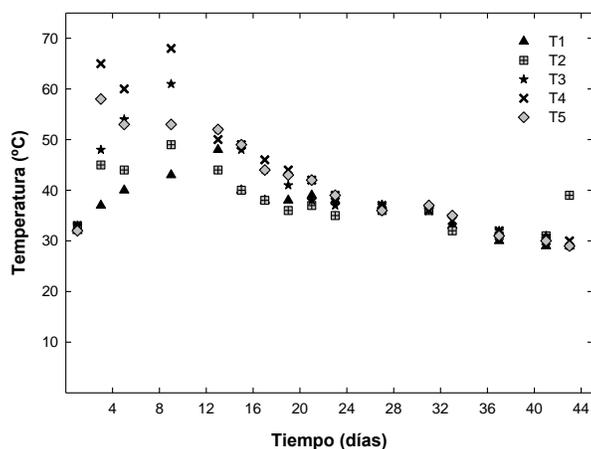


Figura 1. Temperatura durante el proceso de compostaje de residuos agroindustriales de vid.

La etapa termofílica alcanzó temperaturas

entre 44 y 68 °C para todos los tratamientos, excepto en el 1, que no se mantuvo en el rango establecido, probablemente por no existir un balance apropiado de nutrimentos y condiciones necesarias para que la microflora se multiplicara y activara por un tiempo prolongado. La respuesta fue similar a la informada por otros autores que obtuvieron temperaturas en etapa termofílica de 55°C en compostaje de sarmientos de uva en condiciones templadas (Manios y Verdonck 1985) y de otros residuos en condiciones tropicales (Leal y Madrid 1998).

Los tratamientos 3, 4 y 5 presentaron etapa termofílica más prolongada (21 días) con respecto a los tratamientos 1 y 2 (14 días), probablemente por el efecto sinérgico de los diferentes elementos mezclados. Los resultados obtenidos fueron similares a los de Girón *et al.* (2001), quienes evaluaron diferentes residuos vegetales en el compostaje de cáscaras de cacao.

En la Tabla 3 se presenta el análisis químico de residuos individuales y mezclados antes del compostaje.

Algunos estudios señalan que para una eficiente degradación biológica de compuestos orgánicos la relación C/N debe estar entre 25 y 35 (Dalzell *et al.* 1979; Peixoto 1988). Se observa que la relación C/N de T1, fue alta probablemente por el bajo nivel de nitrógeno acumulado en su estructura. El tratamiento 2, mostró relación C/N ligeramente baja, no obstante en la mezcla de estos residuos con sarmientos (T3) y con estiércol de conejo (T4), la relación C/N resultó adecuada para una eficiente compostaje, de acuerdo con lo informado por los últimos autores citados. Pierre *et al.* (2009) obtuvieron una influencia importante sobre el contenido de materia orgánica y la relación C/N con la incorporación de estiércol de caprino a residuos de café.

Tabla 3. Análisis químico de residuos de vid antes del compostaje.

Tratamientos	N %	P %	C %	C/N	K %	Ca %	Mg %
T1	1,01	0,45	43	43	1,81	3,58	0,08
T2	2,34	0,66	48	21	2,95	1,32	0,07
T3	1,68	0,43	41	25	2,24	1,48	0,30
T4	1,18	1,70	35	30	1,48	4,63	0,45
T5	-	-	-	-	-	-	-

En la Tabla 4 se observa análisis químico después del proceso de compostaje.

Los análisis estadísticos indicaron diferencias entre tratamientos en la relación C/N y en la proporción de macroelementos. La relación C/N presentó una ligera disminución con respecto a la obtenida al inicio del proceso. La relación C/N fue más baja (18 y 20) en los tratamientos 3 y 5, respectivamente, indicativo de que en estos tratamientos hubo una mayor actividad microbiana. Por otro lado, el porcentaje de nitrógeno se incrementó con respecto al inicio del proceso. Manios y Verdonck (1985) observaron en compost de sarmientos de uva, decrecimiento progresivo de la relación C/N debido a la acumulación de nitrógeno total como resultado de la pérdida de materia orgánica, como ocurrió en el actual estudio. Los más altos niveles de nitrógeno en el tratamiento 3 indican que la principal fuente de este elemento en los residuos fue el orujo.

Los porcentajes más altos de nitrógeno y potasio ocurrieron en el tratamiento 3; mientras que el fósforo, el calcio y el magnesio fueron más altos en el tratamiento 4. Los resultados fueron similares a las observaciones de Ferrer *et al.* (1997) en condiciones tropicales y Penfold (2004) en condiciones templadas.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la materia orgánica, conductividad eléctrica y pH de los diferentes tratamientos después de

compostados.

El porcentaje de materia orgánica fue alto en todos los tratamientos, no obstante, el valor más alto se presentó en el tratamiento 3. Manios y Verdonck (1985) reportaron porcentajes de materia orgánica más altos (88,78%) que en el actual estudio.

La concentración de sales en el compost, está representada por la conductividad eléctrica. En el estudio, el tratamiento 5 presentó valores más elevados ($P \leq 0,05$). Manios y Verdonck (1985) obtuvieron conductividad eléctrica baja (2,5 mmhos) en clima templado, al igual que Leal y Madrid (1998) (1,75 a 2,97 $\mu\text{S/cm}$) en residuos diferentes, con respecto al actual estudio. La alta conductividad eléctrica en los tratamientos 3 y 5 probablemente se debió a las concentraciones de sales presentes en el orujo (Oreglia 1978) y la urea (Manios y Verdonck 1985).

En los tratamientos 4 y 5 el pH resultó alto, con respecto a los tratamientos 1, 2 y 3, probablemente la incorporación del estiércol de conejo y urea permitió mayor multiplicación y acción de los microorganismos. Ferrer *et al.* (1997) reportaron resultados similares (7,25) en bagazo de uva, en el estado Zulia, Venezuela. El compost con pH cercano a la neutralidad, se considera como óptimo para su empleo en la agricultura (Wilson *et al.* 1980); los resultados del actual estudio quedaron en el rango indicado.

Tabla 4. Análisis químico de residuos orgánicos de vid después del compostaje.

Tratamientos	N %	P %	C %	C/N	K %	Ca %	Mg %
T1	1,19d	0,22d	46b	39 a	0,98d	3,07b	0,18c
T2	1,94b	0,35c	47ab	25b	1,87b	2,29c	0,19c
T3	2,72a	0,47b	49a	18c	2,26a	1,99c	0,17c
T4	1,45cd	0,92a	36c	25b	1,03d	3,64a	0,54 ^a
T5	1,82bc	0,33cd	36c	20c	1,21c	3,75a	0,25b

Valores con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 5. Materia orgánica, conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno de residuos de vid después del compostaje.

Tratamientos	MO%	Conductividad eléctrica dS/m	pH
T1	77,89b	2,23d	6,78c
T2	79,29b	2,65cd	6,79c
T3	83,81a	3,21ab	6,44c
T4	61,78c	2,85bc	7,04b
T5	61,06c	3,51a	7,36 ^a

Valores con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes según prueba de medias ($P \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

Los indicadores de un compostaje eficiente, temperatura, relación C/N y pH para los desechos de la vid se localizaron dentro de rangos apropiados.

La combinación de los residuos de uva permitió una proporción C/N adecuada para el proceso de compostaje. La incorporación del estiércol de conejo y urea contribuyó con la descomposición de los residuos.

Los residuos de sarmientos + orujos y sarmientos + orujos + estiércol de conejo presentaron los valores más altos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, acompañados con alto contenido de materia orgánica y pH cercano a la neutralidad.

REFERENCIAS

- Agnew, H., Mundy, C. and Spiers, M. 2003. Effects of organic mulch on soil and plant nutrients. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker* 473a:33-38
- Arrigo, N., Jiménez, M., Palma, R., Benito, M. y Tortarolo, M. 2005. Residuos de poda compostados y sin compostar: uso potencial como enmienda orgánica en suelo. *Cienc. Suelo*. 23 (1): 87-92
- Bautista, D. 1995. Factores favorables para el cultivo de la uva en el trópico. Trabajo de Ascenso. Prof. Titular. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto. 156 p.
- Boubals, D. 1988. Une nouvelle viticulture se developpe dans les regions tropicales et equatoriales. *Prog. Agric. Et Vitic.* 105 (2):29-32.
- Cass, A., Lanyon, D. and Hansen, D. 2004. Mounding and mulching to overcome soil restrictions. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker* 485a:27-31.
- Dalzell, H., Gray, K. and Biddlestone, A. 1979. Compositing in Tropical Agriculture. Review Paper. International Institute of Biological Husbandry. Ipswich, England. 76 p.
- Ferrer, J., Páez, G., Martínez, E., Chandler, C., Chirinos, M. y Marmol, Z. 1997. Efecto del abono de bagazo de uva sobre la producción de materia seca en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). *Rev. Fac. Agron. Luz* 14:55-65.
- Girón, C., Tortolero, J., Hermoso, D. y González, I. 2001. Efecto de diferentes residuos vegetales en el compostaje de cáscaras de cacao. *Agronomía Tropical* 51(4):549-562.
- Gristina, P. and Fuller, L. 1992. Pruning measurements to improve wine quality. In: Smart, R y Robinson, M. *Winetitles ed. Sunlight into wine. OIV. Award Winner. Adelaide, Australia* pp. 27-28.
- Hidalgo, L. 2002. *Viticultura General*. 2^{da} Edición, Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 1172 p.
- Kliewer, W., Wolpert, J. and Benz, M. 2000. Trellis and vine spacing effect on growth, canopy microclimate, yield and fruit composition of Cabernet sauvignon. *Acta Horticulturae* 526:21-32.
- Leal, N. y Madrid, C. 1998. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con rocas fosfórica. *Agronomía Tropical* 48(3):335-357.
- Madrid, C. y Castellanos, Y. 1998. Efecto de activadores sobre la calidad de composts elaborados con cachaza y bagazo de la caña de azúcar. *Venesuelos* 6 (1 y 2): 22-28.
- Manios, V. and Verdonk, O. 1985. Decomposition of vines canes in heap and evaluation the produced composts. *Acta Horticulturae* 172:39-53.
- Melo, G., Brunetto, G., Basso, A., y Heinzen, J. 2012. Respuesta de las vides a las distintas formas de distribución de abono orgánico en el suelo. *Rev. Bras. Frutic.* 34 (2): 495-503.
- Misra, R., Roy, R. and Hiraoka, H. 2003. On farm composting methods. in: *fao land and water*

discussion paper N° 2. FAO. Rome, Italy.
33p.

Olmo, H. 1968. The potencial of grape of wine industry in Venezuela. Mimeografiado. Impresiones CBR, Caracas.9 p.

Oreglia, F. 1978. Enología Teórico-Practico. 3^{era} edición, Ediciones Instituto Salesiano. Buenos Aires Argentina. 622. p.

Peixoto, R. T.1988. Compostagen. Fundacao Instituto Agronómico do Paraná. Londrina. Brasil. Circular N° 57. 48 p.

Penfold, C. 2004. mulch and impact on weed control, vine nutrition, yield and quality. The Australian Grapergrower & Winemaker 485a:32-38.

Pierre, F., Rosell, M., Quiroz A. y Granda Y. 2009. Evaluación química y biológica de composta de pulpa del café en Caspito municipio Andres Eloy Blanco, Estado Lara. Bioagro 21 (2):105-110.

Romero, R. 2005. Central térmica de biomasa de 5 MW de potencia. Tesis de grado Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad Castilla la Mancha, España 31 p.

Valor, O. 2004. Efecto de dos sistemas de conducción y dos densidades de plantación sobre el crecimiento vegetativo y, reproductivo y calidad de la uva del cultivar Datal (*Vitis vinifera* L). Trabajo de ascenso. Prof. Asociado. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto. 92 p.

Wilkinson, K. 2003. Getting the most out of composts and mulches. The Australian & New Zealand grapegrower & Winemaker 478:44-48.

Wilson, G., Parr, J. y Sikora, L. 1980. Experiencias con composte en países en vía de desarrollo. FAO, Roma, Boletín de suelos N° 51. pp. 60-68.

Winkler, A., Cook, J., Kliever, W. and Lider, L. 1974. General Viticulture. Berkely. California University Press. 710 p.

EVALUACIÓN DE LODOS DE VINAZA COMO BIOFERTILIZANTE EN DOS TIPOS DE SUELO*

Evaluation of stillage-sludges as bio-fertilizers in two soil types

José A. Farreras¹ y Carlos E. Párraga¹

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de lodos de vinaza en dos tipos de suelo cultivados con maíz, se llevó a cabo un experimento localizado en la estación experimental Marfilar (Parcela "A") y en las unidades de producción de la UNELLEZ-Guanare (Parcela "B"). Se estableció un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, cuatro tratamientos y dos subparcelas por tratamiento (T0: sin aplicación de fertilizante, T1: fertilizante químico (10-20-20, 35 g/m²) y reabono (urea, 20 g/m²), T2: lodo de vinaza en dosis de 2,5 kg/m² y T3: lodo en dosis de 5 kg/m²). Se midieron propiedades químicas en los suelos, altura de planta (AP) y diámetro del tallo (DT) en maíz. El suelo en la parcela "A" se clasificó como un Inceptisol y en la "B", como Ultisol. No hubo diferencias significativas (P>0,05) en las propiedades químicas del suelo debido a la aplicación de lodos de vinaza al final del ensayo; sin embargo, se evidenciaron diferencias en la concentración de nutrimentos entre el inicio y final del ensayo en cada parcela. Para las variables biométricas, en la parcela "B" hubo diferencias significativas (P<0,05), la aplicación de lodos de vinaza en dosis de 2,5 y 5 kg/m² generó mayores valores de AP (58,16 y 71,76 cm) que el testigo (47,8 cm) y menores que con fertilizante químico (104,97 cm). DT fue mayor (P<0,05) con la aplicación de fertilizante químico. En la Parcela "A", DT y AP fue mayor con la aplicación de fertilizante químico (1,74 y 114,09 cm). La aplicación de lodo de vinaza parece tener efecto favorable para el cultivo sembrado sobre el suelo ultisol con fertilidad natural muy baja.

Palabras clave: maíz, abonos orgánicos, Llanos occidentales, Portuguesa, Venezuela.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of stillage-sludges in two types of soil cultivated with maize, an experiment was conducted at the experimental station located at Marfilar (Parcel "A") and in the production units of the UNELLEZ-Guanare (Parcel "B"). A randomized block design with two replications was used, with four treatments and two subplots per treatment (T0: no application of fertilizer, T1: chemical fertilizer (10-20-20, 35 g/m² and urea, 20 g/m²), T2: stillage-sludges in doses of 2.5 kg/m² and T3: sludge in doses of 5 kg/m²). Were measured soil chemical properties, plant height (AP) and stem diameter (DT) in corn. The soil in the plot "A" was classified as Inceptisol and the one in "B" as Ultisol. There were no significant difference (P> 0.05) in the chemical properties of the soil due to the application of stillage-sludge at the end of the trial; however, there were differences in nutrient concentration between the start and end of the trial in each plot. There were significant differences (P <0.05) for biometric variables in the plot "B", the stillage-sludge application at doses of 2.5 and 5 kg/m² generated higher AP values (58.16 and 71.76 cm) than the control (47.8 cm) and lower than with chemical fertilizer (104.97 cm). DT was higher (P <0.05) with the application of chemical fertilizer. In the Parcel "A", DT and AP was higher with the application of chemical fertilizer (1.74 and 114.09 cm). Stillage-sludge application appears to have favorable effect on the crop grown on Ultisol with low natural fertility.

Key words: maize, organic fertilizers, western plains, Portuguesa, Venezuela.

(*) Recibido: 15-02-2012

Aceptado: 21-03-2013

¹ Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. Email: farreras3022@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

En el estado Portuguesa, existen centrales que procesan caña de azúcar para producción de azúcar, y actualmente se están llevando a cabo proyectos relacionados con producción de biocombustibles como etanol, esto conlleva una serie de procesos industriales que generan salidas ambientales potencialmente contaminantes; una de ellas es la vinaza. La vinaza es depositada en lagunas, en algunos casos, con un tratamiento previo, se utiliza para regar los campos de caña, pero la que no se usa se mantiene en estas lagunas. Al sedimentar forma lodo que queda en el fondo mezclado con el suelo, el cual representa un potencial riesgo para el ambiente (Bautista-Zúñiga *et al.* 2000; Irrisari 2006).

La vinaza líquida es ampliamente usada para fertirriego, aplicada concentrada o diluida. Varios trabajos sobre este tópico han demostrado su eficiencia en el mejoramiento de la fertilidad y de las condiciones físicas de algunos suelos (César *et al.* citado por Gómez 1995; Zérega 1993; Zérega *et al.* 2006), ya que contiene grandes cantidades de materia orgánica, potasio, azufre, magnesio, nitrógeno y calcio, aunque varía de acuerdo con el origen de la vinaza (Gloria y Filho 1983).

Estudios sobre el potencial de lodos de vinaza como abono orgánico en estado sólido, no se han realizado, la investigación sistemática sobre el uso de abonos orgánicos de origen anaerobio, aplicados en forma líquida, sólida o semisólida, tiene escasa referencia en el país (Vargas y Briceño 2003).

El uso del compost y la cachaza como biofertilizante ha sido uno de los abonos orgánicos más investigado. Matheus (2001; 2004) realizó ensayos con el uso de compost como biofertilizante en el cultivo de maíz, concluyó que la combinación de fertilizantes químicos con orgánicos tiene efecto positivo en el rendimiento del cultivo de maíz, indicó además que el contenido de fósforo y bases intercambiables en el suelo fueron favorecidos. Por otra parte, Arriechi y Mora (2005) evaluaron los efectos de residuos orgánicos en suelos maiceros, encontraron que la cachaza produjo aumento en rendimiento del cultivo y concluyeron que

constituye un buen suplidor de materia orgánica en suelos Alfisoles.

Por lo tanto, si la vinaza líquida se usa como fertirriego y mejora algunos parámetros físicos y químicos de los suelos, eventualmente estos residuos sólidos o lodos de vinaza, podrían complementar la fertilización química o representar un problema potencial como contaminante de los suelos.

El objetivo fue evaluar el uso de los lodos de vinaza como biofertilizante para determinar su efecto sobre la fertilidad de los suelos y algunas variables biométricas del cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en dos unidades o parcelas experimentales. La parcela "A", localizada en la unidad experimental Marfilar y la "B" en las Unidades de producción de la Universidad Nacional Experimental Ezequiel Zamora (UNELLEZ-Campus universitario), municipio Guanare, estado Portuguesa. Los lodos de vinaza, se obtuvieron de lagunas localizadas en el Hato El Caimán donde funciona una destilería, y se produce alcohol, se ubica aproximadamente a 30 km de la ciudad de Guanare, carretera vieja hacia Acarigua cerca del caserío las Cocuizas y el distribuidor Avispero.

El ensayo se realizó durante 60 días en el periodo de lluvias (junio-octubre, 2009). Se estableció un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, cuatro tratamientos y dos subparcelas por tratamiento. Los tratamientos se definieron de la siguiente manera: T0 = Testigo; T1 = aplicación de fertilizante químico (10-20-20, 35 g/m²) y reabono (urea, 20 g/m²); T2 = lodo en dosis de 2,5 kg/m² y T3 = lodo en dosis de 5 kg/m².

Caracterización de los suelos y lodos de vinaza.

Se realizó siguiendo la metodología propuesta por Soil Survey Staff (1993; 2006)

- **Suelo:** se tomaron dos (02) muestras (0-20 cm), en cada subparcela por tratamiento,

una al inicio del ensayo, antes de la aplicación de lodos de vinaza y otro a los sesenta días, al final del experimento (n=64).

- **Lodos de vinaza:** se obtuvieron muestras directamente de las lagunas, fueron depositadas en sacos y se secaron al aire libre. Se realizó análisis de rutina reforzada para determinar nutrientes disponibles.

Las variables evaluadas fueron: pH, acidez (extraída con KCL), materia orgánica (Walkley y Black 1934), fósforo disponible (Olsen *et al.* 1954), potasio y sodio intercambiable (Extracción con acetato de amonio 1N a pH 7, lectura por fotometría de llama), calcio y magnesio intercambiable (Extracción con acetato de amonio 1N a pH 7 (lectura por absorción atómica) y aluminio intercambiable (KCl 1N) (Manual de análisis de suelo del MARNR 1983).

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Suelos y Calidad de Agua de la UNELLEZ-Guanare (Registro MARN 09-001).

Cultivo indicador o de referencia.

Se sembró híbrido de maíz Decalk 325 en cinco hileras de 10 metros con cinco (05) plantas por metro lineal, la separación entre hileras fue entre 60 y 70 cm, para una densidad de siembra de 8 plantas/m², que generó 200 plantas en cada sub-parcela. La siembra se realizó 10 días después de aplicar los fertilizantes. Se sembraron de dos a tres semillas por hoyo.

Variabes biométricas.

Las variables biométricas o descriptores evaluados (CIMMYT-IBPGR1991) fueron: altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT). Se realizaron cuatro mediciones para obtener una media al final del ensayo.

Análisis de los datos.

Para las propiedades químicas del suelo y las variables biométricas DT y AP, se aplicó un

análisis de la varianza para cada localidad y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para detectar diferencias entre promedios por tratamiento. Por otro lado, para las diferencias entre los muestreos, se aplicó la prueba de t de Student para muestras pareadas al inicio y final del experimento. Se utilizó el paquete estadístico STATISTIX para Windows Versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis químico de los parámetros evaluados para los lodos de vinaza se reflejan en la Tabla 1. Estos resultados coinciden con los reportados para la vinaza líquida (Gloria y Filho 1983; Martínez *et al.* 2001).

Tabla 1. Propiedades químicas del lodo de vinaza.

Parámetro	Unidad	Valor
pH		4
Materia orgánica	%	3,53
Nitrógeno	%	1,32
Fosforo disponible	mg.kg ⁻¹	10
Potasio disponible	mg.kg ⁻¹	2600
Calcio disponible	mg.kg ⁻¹	300
Magnesio disponible	mg.kg ⁻¹	65
Hierro	mg.kg ⁻¹	466
Manganeso	mg.kg ⁻¹	81
Cobre	mg.kg ⁻¹	28
Zinc	mg.kg ⁻¹	80

Es posible observar que la vinaza representa un aporte importante de nutrientes cuando es aplicada al suelo, ya que contiene gran cantidad de potasio, magnesio e hierro. Sin embargo, al aplicarla en grandes cantidades puede afectar las condiciones químicas del suelo. Bautista-Zúñiga *et al.* (2000) reportaron que la aplicación de vinaza líquida o cruda provoca riesgo de salinización y aumento de la concentración de Mn y Zn; por otra parte, Girón (2008) concluyó que la aplicación de vinaza elevó los valores de los metales pesados como Cu y Zn, que no llegaron a sobrepasar los límites permisibles, según la legislación colombiana.

Parcela "A":

El suelo de la parcela "A" se clasificó a nivel de familia como Fluventic Haplustepts fina, mixta, isohipertérmica (Orden Inceptisoles), descripción similar a la realizada por Veiga (2001).

Tabla 2. Efecto de la fertilización sobre propiedades químicas del suelo (Parcela A).

tratamiento	Ca (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	MO (%)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	pH
0	1308,4 a	0,97 a	71,87 a	74,37 a	1,99 a	231,00 a	27,37 a	22,50 a	6,62 a	6,27 a
1	1115,3 a	1,50 a	86,37 a	81,30 a	1,79 a	233,75 a	24,00 a	19,12 a	6,00 a	5,97 a
2	1417,8 a	1,20 a	65,75 a	84,37 a	2,03 a	234,63 a	31,62 a	21,25 a	7,50 a	6,32 a
3	1275,1 a	1,52 a	69,37 a	68,12 a	1,89 a	241,00 a	30,12 a	16,25 a	7,37 a	6,12 a

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes (P<0,05)

Tabla 3. Propiedades químicas en el suelo al inicio y final del ensayo (Parcela A).

Parámetro	inicio	final	Valor t (Student)	Significancia
pH	6,2	6,1	1,69	(P>0,05) NS
MO (%)	1,8	2,1	-3,86	(P<0,01) **
P (mg.kg ⁻¹)	17	23	-6,68	(P<0,01) **
K (mg.kg ⁻¹)	78	75	0,41	(P>0,05) NS
Ca (mg.kg ⁻¹)	1189	1355	-3,06	(P<0,01) **
Mg (mg.kg ⁻¹)	231	239	-1,3	(P>0,05) NS
Fe (mg.kg ⁻¹)	66	82	-2,84	(P<0,01) **
Mn (mg.kg ⁻¹)	23	33	-4,78	(P<0,01) **

El análisis estadístico indica que no hubo diferencias (P>0,05) en propiedades químicas del suelo al final del ensayo debido a la aplicación de lodos de vinaza entre tratamientos en la parcela A (Tabla 2).

Algunos valores para propiedades químicas de los suelos aumentaron o disminuyeron, aunque fueron estadísticamente similares (Tabla 2). Debido a que el suelo en esta parcela es un Inceptisol y presenta buena fertilidad natural, las diferencias que se pudieron manifestar no fueron tan evidentes como para causar cambios importantes.

Los niveles altos de nutrientes iniciales en la parcela "A" pueden generar diferencias menos palpables entre tratamientos; sin embargo, cuando se consideran promedios de todos los tratamientos, se observan diferencias significativas (P<0,01) (Tabla 3) entre muestreos para contenido de materia orgánica, P, Ca, MO, Fe y Mn, lo que indica un efecto de la aplicación de lodos de vinaza, que se manifiesta en aumentos de estos valores al final del ensayo.

Datzel *et al.* y Bernal *et al.*, citados por Matheus (2004), señalan que los abonos orgánicos son productos de baja concentración mineral y lenta liberación. En los cuales el suministro de nutrientes está determinado por factores edáficos y climatológicos de cada zona.

Según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos de Edafofinca C.A. (2009), estos valores se encuentran en niveles de bajo a medio.

En cuanto a las variables biométricas (Tabla 4), en la parcela "A", se detectaron diferencias significativas (P<0,05) para AP y DT, las plantas que recibieron aplicación de fertilizante químico presentaron altura superior a las que recibieron 2,5 kg/m² de lodo. Para DT, se observa que T1 fue superior (P<0,05), mientras que para los otros tratamientos se comportaron de manera similar.

Tabla 4. Efecto de la aplicación de lodos sobre la altura de la planta y diámetro de tallo (Parcela A).

Tratamiento	AP	DT
0	69,1ab	1,25b
1	114,09a	1,74a
2	61,12 b	1,26b
3	67,58ab	1,15b

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes (P<0,05)

El efecto de la aplicación de lodos de vinaza en la parcela A no se manifestó en las variables biométricas del maíz, se evidencia que el fertilizante químico ejerció un efecto positivo en el crecimiento del cultivo, posiblemente la dosis aplicada de lodos no fue suficiente para generar cambios significativos en las variables biométricas evaluadas.

Parcela “B”:

El suelo se clasificó como Typic Haplultsfrancosa fina mixta, isohipertérmica (Orden Ultisoles).

En la Tabla 5 se evidencia que no se encontró efecto significativo ($P > 0,05$) de la aplicación de los lodos de vinaza sobre la composición química del suelo al final del ensayo, a pesar de que en este caso, a diferencia de la parcela A, presentó baja concentración inicial de algunos elementos.

Según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos de Edafofinca C.A. (2009) estos valores se encuentran en niveles de bajo a medio.

Esta baja concentración de nutrientes en la parcela B se debe a que estos suelos presentan evidencias de lavado de minerales, un ejemplo claro es la concentración de P ya que en suelos ácidos se inmovilizan muy fácilmente (López *et al.* 2006).

Por otra parte, la diferencia en la concentración de los elementos, entre muestreos, fue más perceptible en la parcela “B” (Tabla 6), posiblemente debido a que los suelos ultisoles se caracterizan por ser más evolucionados y pobres en nutrientes.

Esta variación al final del experimento se manifestó en la concentración de materia orgánica, Fe, y Mn, los cuales presentaron valores mayores

($P < 0,01$) debido a la aplicación de lodos (Tabla 6). De igual manera, para Ca y P hubo un incremento significativo ($P < 0,05$). Sin embargo, se pudo observar que a pesar de que el contenido de potasio en el lodo de vinaza es alto, su aplicación no causó cambios significativos en el suelo, quizás debido a que el potasio contenido en el lodo de vinaza es del tipo no intercambiable, por lo tanto es adsorbido con tal tenacidad que no es fácilmente liberado o sucede muy lentamente (Casanova 1994).

Según Gómez (1995), en los primeros 20 cm del suelo, la aplicación de vinaza líquida incrementó significativamente el contenido de potasio intercambiable y éste se incrementó en el tiempo por aplicaciones sucesivas. Esto indica que posiblemente la dosis de lodos aplicados en el ensayo no fue suficiente para generar cambios en la composición química del suelo estudiado.

Estas diferencias pueden ser resultado de cambios en la dinámica de los elementos en el suelo a medida que permanece húmedo, dado que el primer muestreo se realizó a inicios del periodo de lluvias y el segundo al final. Estas variaciones pueden enmascarar las diferencias entre los tratamientos para las variables químicas evaluadas.

Hernández *et al.* (2008) ratificaron el factor tiempo como una variable importante para favorecer la mineralización de los abonos orgánicos e informaron que la mezcla de cachaza y

Tabla 5. Efecto de la fertilización sobre propiedades químicas del suelo (Parcela B).

Tratamiento	Ca (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	MO (%)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	pH
0	327,13 a	0,84 a	122,1 a	16,87 a	1,25 a	45,25 a	10,41 a	1,31 a	2,50 a	5,01 a
1	291,88 a	0,81 a	132,5 a	18,75 a	1,45 a	52,37 a	11,57 a	2,25 a	1,87 a	4,95 a
2	248,12 a	0,70 a	13,0 a	16,87 a	1,08 a	31,5 a	8,4 a	4,18 a	1,87 a	4,77 a
3	218,13 a	1,09 a	149,38 a	20,62 a	1,35 a	34,0 a	8,82 a	1,81 a	2,25 a	4,88 a

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes ($P < 0,05$)

Tabla 6. Propiedades químicas en el suelo al inicio y final del ensayo (Parcela B).

Parámetro	Promedio inicial	Promedio final	Valor t (Student)	Significancia
pH	4,8	5,0	-2,47	($P < 0,05$) *
MO (%)	1,0	1,5	-6,94	($P < 0,01$) **
P (mg.kg ⁻¹)	0,8	3,8	-2,71	($P < 0,05$) *
K (mg.kg ⁻¹)	20	18	1,45	($P > 0,05$) NS
Ca (mg.kg ⁻¹)	250	316	-2,27	($P < 0,05$) *
Mg (mg.kg ⁻¹)	37	44	-1,01	($P > 0,05$) NS
Fe (mg.kg ⁻¹)	111	158	-4,55	($P < 0,01$) **
Mn (mg.kg ⁻¹)	6,8	12,8	-6,05	($P < 0,01$) **

vinaza no afectó el pH, la conductividad eléctrica ni la capacidad de intercambio catiónico; mientras que los niveles de materia orgánica, fósforo y potasio fueron afectados.

Los cambios en la concentración de Ca, Fe, MO y Mn sugieren que posiblemente estos elementos se encontraban en los lodos en buenas cantidades y que rápidamente se mineralizaron y pasaron a la fracción del suelo inmediatamente disponible, los cuales aportaron de manera importante a la nutrición mineral del suelo tipo ultisol. Sin embargo, el aumento de la concentración de MO también pudo originarse por la descomposición de la materia orgánica dejada en las parcelas al inicio del ensayo.

En cuanto a las variables biométricas (Tabla 7), el análisis de la varianza detectó diferencias significativas ($P < 0,05$) para la altura de la planta y diámetro del tallo, la aplicación de fertilizante químico causó que AP y DT fueran superiores al restos de los tratamientos.

Tabla 7. Efecto de la aplicación de lodos sobre la altura de la planta y diámetro de tallo (Parcela B).

Tratamiento	AP	DT
0	47,80c	1,07b
1	104,97a	1,63a
2	58,16bc	1,06b
3	71,76b	1,15b

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes ($P < 0,05$).

Según estos resultados, la aplicación de lodos de vinaza podría ejercer una influencia positiva en el crecimiento de la planta especialmente cuando se usa la dosis mayor, si se comparan con el testigo.

No se han realizado estudios sobre la influencia de lodos de vinaza sobre las características biométricas del maíz. Se puede destacar que Matheus (2001; 2004) en ensayos con uso de compost en maíz y Rivero (1995) con residuos orgánicos de origen vegetal, encontraron que no hubo efecto sobre variables biométricas, resultados diferentes a los obtenidos en esta investigación en ambas parcelas. Sin embargo, Uribe *et al.* (2007) destacó que la altura de planta en maíz fue similar cuando se aplicó biofertilizante o fertilizante químico en un suelo alfisol.

CONCLUSIONES

La composición química no evidenció diferencias entre tratamientos 60 días después de la aplicación de lodos de vinaza en ambos tipos de suelo.

La aplicación de lodos de vinaza en dosis alta contribuyó a aumentar la concentración de MO, Ca, P, Mn y Fe entre muestreos, sobre todo en el suelo de baja fertilidad, por lo que se sugiere evaluar aplicaciones mayores en este tipo de suelo.

La aplicación de lodos de vinaza mejoró la altura de la planta con respecto al testigo en el suelo con baja fertilidad natural.

REFERENCIAS

- Arrieche, I. y Mora, O. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro* 17(3):155-159.
- Bautista-Zúñiga, F., Durán de Bazua, M. y Lozano, R. 2000. Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinaza. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 16(3):89-101.
- Casanova, E. 1994. Introducción a la ciencia del suelo. UCV. Caracas. 379 p.
- CIMMYT-IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. CIMMYT, Roma. pp. 1-27.
- Datzel, H., Biddlestone, K., Gray, K. y Thurairajan, K. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de suelos*. FAO N° 56. Roma. 312 p.
- Edafofinca. 2009. Tabla de interpretación de análisis de suelo. Laboratorio de suelos, aguas, abonos y foliares. Cagua, estado Aragua.
- Girón, M. 2008. Evaluación de la posible contaminación de suelo y agua subterránea con elementos pesados por el uso de vinaza en el cultivo de caña de azúcar. Trabajo de grado. Universidad Politécnica de Cataluña. España. 74 p.

- Gloria, N. e Filho, O. 1983. Aplicacao da vinhaça como fertilizante. Boletín Técnico PLANALSUCAR (Brasil) 5(1):5-38.
- Gómez, J. 1995. Efecto de la vinaza sobre el contenido de potasio intercambiable en un suelo representativo del área cañera del valle del río turbio. *Venesuelos*, 3(2):69-72.
- Hernández, M., García, G., David, S., Palma, J., Lagunes, L., Castelán, M. y Ruiz, O. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysolmólico de Chiapas, México. *Interciencia*, 33 (11):855-860.
- Irisarri, D. 2006. Usos Industriales y Agrícolas de la Vinaza de Caña de Azúcar. *Tecnicaña* 10(17): 19-24.
- López, M.; Alfonzo, N.; Florentino, A.; Pérez, M. 2006. Dinámica del Fósforo y Reducción del Aluminio Intercambiable en un Suelo Ultisol Sometido a Manejo Conservacionista en Venezuela. *Interciencia* 31: 293-299.
- MARNR. 1983. Manual de análisis de suelo. Ministerio del Ambiente y los recursos naturales renovables. Caracas.
- Martínez, C., Bravo, I. y Giraldo, E. 2001. Efectos de un fertilizante foliar, formulado a partir de vinaza, sobre el tejido foliar de pompón. XII Congreso Colombiano de Química Memorias del XII Congreso Colombiano de Química. Universidad del Cauca, Colombia. p 4.
- Matheus, J. 2001. Evaluación agronómica del uso de un biofertilizante en el cultivo del maíz. Tesis de Maestría. Universidad Ezequiel Zamora, Guanare. 135 p.
- Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos de la industria azucarera en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro* 16(3): 219-224.
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F. and Dean, A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Washington, D.C. Circular 939.
- Rivero, C. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades de un alfisol degradado. *Venesuelos* 3(2):55-61.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. US. Department of Agriculture. Washington, DC 437 p.
- Soil Survey Staff. 2006. Claves para la taxonomía de suelos. Décima edición. U.S. Department of Agriculture. Washington, DC. 331 p.
- Uribe, G., Petit, J. y Dzib, R. 2007. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de biofertilizantes en el sistema roza, tumba y quema en suelo alfisol (chac-lu'um, nomenclatura maya), en Yucatán, México. *Agricultura Andina* 13: 3-18.
- Vargas, M. y Briceño, K. 2003. Efectos de la incorporación de desechos agrícolas biodegradados sobre algunas características químicas de un alfisol del piedemonte andino. *Rev. Unell. Cienc. y Tec.* 21:124-137.
- Veiga, A. 2001. Evaluación de variables taxonómicas y morfopedogenéticas en suelos de la estación experimental Marfilar. Tesis de Maestría. Universidad Ezequiel Zamora. Guanare. 104 p.
- Walkley, A. and Black A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Zérega, L. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Caña de azúcar* 11:71-92.
- Zérega, L., Echner, E., Hernández, T., Arrieche, A. y Franco, L. 2006. Efecto de la vinaza y la fertilización química sobre el suelo y tres variedades de caña de azúcar en Venezuela. VI Cong. Asoc. de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC). Guayaquil, Ecuador. Vol. 1: 249-261.

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO CEBOLLA EN QUÍBOR, VENEZUELA. MEDICIÓN CON LISÍMETRO Y ESTIMACIÓN CON METODOLOGÍA DE DOS PASOS FAO*

Evapotranspiration of onion crop in Quibor, Venezuela. Lysimeter measures and estimation with the two step methodology FAO

Yelitza García¹, Juan José Brito² y Jorge López¹

RESUMEN

El cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), asociado a condiciones semiáridas en el noreste de Venezuela, requiere de riego. La disponibilidad de agua es necesaria para su normal desarrollo. El objetivo en este trabajo fue comparar la lámina de agua consumida por el cultivo de cebolla obtenida con lisímetros elementales y la evapotranspiración del cultivo, estimada con la metodología de dos pasos, que incluye la fórmula de Penman-Monteith y Hargreaves-Samani y los coeficientes de cultivo respectivos. Para la medición de la lámina de agua consumida o evapotranspiración real (ET_r), se construyeron tres lisímetros elementales en campo, en el Valle de Quíbor, estado Lara. El volumen y el calendario de riego, se aplicaron de acuerdo con el manejo tradicional de la zona. El riego se aplicó de forma directa, midiendo el volumen de cada riego con un instrumento volumétrico, mientras que el volumen de drenaje se midió diariamente en cada uno de los lisímetros. Mediante un balance hídrico se estimó la lámina de agua consumida (ET_r). La información climática se obtuvo de la estación meteorológica del INIA-Lara. La lámina promedio total de riego y de drenaje fue 592,34 y 127,57 mm, respectivamente. La lámina promedio consumida, tomando en cuenta la precipitación efectiva (153,10 mm) fue 617,87 mm. Las estimaciones de evapotranspiración obtenidas por la metodología de dos pasos, mostraron bajos valores con relación a las mediciones lisimétricas. A pesar de la subestimación, se obtuvo una alta correlación entre valores acumulados de evapotranspiración estimada (ET_c) del cultivo y ET_r medida con lisímetro.

Palabras clave: *Allium cepa*, riego, Penman-Monteith, Hargreaves-Samani.

ABSTRACT

The onion (*Allium cepa* L.) crop, associated with semiarid conditions in the north east part of Venezuela, need irrigation, for which the knowledge of water availability and its hydric demand, is necessary for planning irrigation for its normal development. The objective of the present work was to compare the depth water consumed by the onion crop obtained by elementary lysimeters and crop evapotranspiration estimated with the two step methodology by FAO using the Penman-Monteith and Hargreaves-Samani formulas for getting reference crop evapotranspiration and the respective crop coefficients. For depth consumed or real evapotranspiration (ET_r) measurements, three lysimeters were builded on field, in Quíbor Valley, Lara State. The volume of applied water and the irrigation schedule were made according to the traditional management on this area. Irrigation was directly applied, measuring the volume of each watering with a volumetric meter, while the drainage volume was measured daily in each lysimeter. Water consumtuion was determined by using a water balance. Climate information was obtained from the INIA-LARA meteorological station. The total irrigation and drainage depth was 592.34 and 127.57 mm, respectively. The average consumed water depth for the crop, taking the effective precipitation (153.10 mm) was 617.87 mm. The estimations of crop evapotranspiration from

(*) Recibido: 20-07-2012

Aceptado: 22-03-2013

¹ Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. E-mail: yegarcia@ucla.edu.ve; jlopez@ucla.edu.ve

² Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Lara. El Cují. Barquisimeto, Venezuela. Email: jbrito@inia.gob.ve

the two step method, showed low values with relation to the field lisimetric measurements. In spite of underestimation, there was a high correlation between the cumulated values of estimated evapotranspiration and ET_r measured with lisimeter.

Keys words: *Allium cepa*, irrigation, Penman-Monteith, Hargreaves-Samani.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Quíbor es uno de los principales productores de cebolla de Venezuela (Ramírez 2001), bajo condiciones deficitarias de humedad y valores elevados de evapotranspiración. El recurso hídrico proveniente de la escorrentía superficial o de los acuíferos subterráneos se regula con el almacenamiento en lagunas o reservorios. El agua almacenada es aplicada con métodos de riego superficiales como serpentín y cantero, por lo que se producen altas pérdidas por evaporación. No obstante, es importante resaltar que se ha detectado una alta eficiencia de riego, del orden del 52% en promedio, con base en los parámetros para calificar el riego por gravedad (CIDIAT 1994).

Desde la década de los setenta, el Valle de Quíbor ha sido objeto de diversos trabajos de investigación (CIDIAT 1994; Ramírez 2001; Rázuri *et al.* 2005; López y Dennett 2007) para caracterizar los suelos, los cultivos, el agua y el clima de la zona. Sin embargo, aún no se ha logrado determinar con precisión los requerimientos hídricos del cultivo cebolla, principal cultivo de la región. Por esta razón, es necesaria la comparación y la medición de la evapotranspiración real del cultivo en las condiciones edafoclimáticas del Valle de Quíbor.

Para determinar la ET_r experimentalmente se requieren aparatos específicos y mediciones precisas de varios parámetros físicos o la aplicación del balance del agua del suelo basada en lisímetros.

Por otra parte, para la estimación de la cantidad de agua requerida por el cultivo, se usan en general valores aportados por fórmulas (Doorenbos y Pruitt 1976 y Allen *et al.* 1998), las cuales están relacionadas directamente con la evaporación medida en tina y con elementos climáticos medidos en estaciones meteorológicas.

Según Aboukhaled *et al.* (1986) y Sentelhas *et al.* (2000), los resultados obtenidos por lisimetría muestran valores más cercanos a la realidad, por lo que conviene la comparación con los obtenidos mediante la aplicación de métodos de estimación sencillos con la finalidad de concluir acerca de metodologías para obtener información a partir de fuentes más seguras, confiables y con bajo costo.

En la ciencia del riego ha habido una constante preocupación por elaborar procedimientos estimativos del consumo de agua de los cultivos, ante la necesidad de planificar y programar apropiadamente el uso de un recurso escaso (Grassi 1998).

El uso de los lisímetros para la medición de la lámina de agua usada por los cultivos es común y permite obtener resultados más cercanos a la realidad (López-Urrea *et al.* 2006); sin embargo suelen ser costosos, por lo que se han ideado diversas opciones para disminuir costos sin afectar significativamente la confiabilidad de la medida. En Venezuela, existen algunos trabajos relacionados con mediciones lisimétricas, Khan *et al.* (1998) diseñaron un lisímetro hidráulico para mediciones de evapotranspiración potencial y obtuvieron ecuaciones correspondientes a la comparación entre valores medidos y estimados de evapotranspiración en el oriente del país. Rodríguez y Pire (2008) utilizaron un lisímetro de pesada para medir evapotranspiración del cultivo de tomate en Tarabana, estado Lara, tales mediciones fueron comparadas con estimaciones obtenidas con diferentes fórmulas (Penman Monteith, Radiación, Bladney Criddle, Hargreaves-Samany, Tina de evaporación).

El objetivo del trabajo fue comparar la lámina de evapotranspiración consumida por el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), obtenida con lisímetros elementales (drenaje modificado) y la evapotranspiración del cultivo estimada con la metodología de dos pasos con las fórmulas de

Penman-Monteith y Hargreaves-Samani y los coeficientes respectivos de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), en Quíbor, estado Lara, Venezuela, localizado en 9°55' N y 69°38' O, a una altitud de 628 msnm, en una zona donde se practica agricultura bajo riego. El clima es semiárido y durante el período experimental (105 días), entre mayo y agosto, la precipitación fue 159,80 mm, mientras que la evaporación alcanzó 570,10 mm.

Se construyeron tres lisímetros en un área de aproximadamente 1 hectárea, la cual se cultivó con cebolla. Para evitar el efecto de advección, el área circundante a los lisímetros fue sembrada con el mismo cultivo en forma simultánea.

El suelo es un aridisol de origen aluvial, clasificado como Typic Camborthids. El análisis de fertilidad de una muestra compuesta del suelo superficial (20 cm de profundidad) mostró una textura arcillosa, porcentaje de materia orgánica medio (2,4 %) y concentraciones altas de P, Ca y K (42, 1500 y 152 mg·kg⁻¹, respectivamente). El pH es alcalino y la conductividad eléctrica baja. En la Figura 1 se muestra el diseño del lisímetro elemental con sus respectivas dimensiones. El mismo implica una modificación al diseño original planteado por Olavarrieta (1998), en cuanto a la ubicación del tubo de drenaje. El autor sugiere colocar un tubo perforado en posición horizontal, en la base de la estructura, para coleccionar el drenaje en una alcantarilla, ubicada a 0,60 m de profundidad, a la cual llega el agua por gravedad. En este trabajo, el tubo se colocó en forma vertical y el agua fue extraída con una bomba manual desde la superficie del suelo.

Debido a las características de homogeneidad del perfil de suelo, no se definieron horizontes diferenciados en los primeros 60 cm de profundidad; por lo que se extrajo la tierra y se colocó al lado del hoyo excavado de manera de restituirla en las condiciones originales. En una de las esquinas del hoyo se excavó un pequeño rectángulo de 20x20 cm con una profundidad de 5

cm, el cual sirvió como recolector del agua drenada para instalar un tubo de 2", por el cual se extrajo el agua. Posteriormente se instaló una membrana de polietileno que evitara la salida del agua del lisímetro y luego se colocó el tubo de aluminio de 2" en la esquina donde se excavó el rectángulo, y se procedió a distribuir la grava de río dentro de la estructura del lisímetro, con un espesor de 15 cm aproximadamente, con pendiente de 5% a favor del tubo de drenaje.

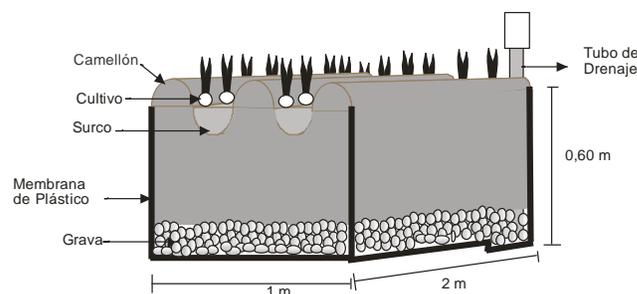


Figura 1. Vista transversal de un lisímetro elemental con respecto a los surcos de riego.

La preparación del terreno y las prácticas de manejo agronómico del cultivo se realizaron siguiendo las prácticas aplicadas en la región. Se utilizó la cebolla variedad TG 438, una de las más conocidas y usadas por los agricultores de la zona.

En cada lisímetro se trazaron dos surcos, quedando así tres camellones por lisímetro. La distancia entre plantas fue de 6 cm, sembradas a ambos lados del camellón, los cuales tenían un ancho promedio de 20 cm.

El volumen de riego (16 aplicaciones) así como el calendario de riego, se aplicó de acuerdo con el manejo tradicional en la zona. Las mediciones de lámina consumida se comenzaron desde el riego de asiento, el cual consiste en proporcionar una cantidad suficiente de agua de manera de garantizar un mojado adecuado y uniforme sobre las camas, y así facilitar la tarea de trasplante de las plántulas. El riego se aplicó de forma directa con manguera, se contabilizó con un medidor volumétrico en el periodo evaluado, el volumen de drenaje se midió diariamente en cada uno de los lisímetros. Se extrajeron muestras gravimétricas para evaluar el contenido de humedad del suelo al principio y al final del ensayo. Mediante la medición de las entradas y salidas de agua en cada uno de los lisímetros se

realizó un balance hídrico, se obtuvo en cada caso la lámina consumida por el cultivo sembrado en el periodo evaluado.

La ET_C representa la necesidad hídrica bruta del cultivo para un desarrollo óptimo y se calcula como el producto de la evapotranspiración de referencia (ET_0) y el coeficiente de cultivo (K_C) (Allen *et al.* 1998). La evapotranspiración de referencia se refiere a la de una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme (12 cm), en crecimiento activo y suelo sombreado. El K_C expresa la proporción entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la de la superficie de referencia.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia se emplearon las ecuaciones de Penman-Monteith y Hargreaves-Samani, utilizando el software Dailyet Evapotranspiration calculator (IRRISOFT 1996), el cual permite calcular la ET_0 diaria del cultivo. La estimación requiere además de información meteorológica de temperatura media, humedad relativa, insolación y velocidad del viento, así como ubicación geográfica y altitud en que se encuentra la estación meteorológica. La Información climática utilizada se obtuvo en la estación meteorológica perteneciente al INIA-Lara, ubicada en el Campo Experimental de Quíbor.

El valor de coeficiente de cultivo utilizado en diferentes etapas para el cálculo de la ET_C fue 0,80 para la etapa inicial, 1,05 para la etapa media y 0,75 para la etapa final (Allen *et al.* 1998).

Para determinar la lámina consumida, se calculó un balance hídrico, por lo que se dividió el ciclo de cultivo en intervalos de tiempo, se agruparon las variables precipitación, riego y drenaje, dentro de cada uno de los intervalos definidos.

Para determinar la duración y número de intervalos, se tomó como criterio que en cada periodo debía existir por lo menos una aplicación de riego, por lo que los intervalos no fueron homogéneos, debido a que algunos riegos fueron distanciados por efecto de las precipitaciones

ocurridas durante el ciclo de cultivo. En total se definieron 16 intervalos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

LÁMINA DE RIEGO

En la Figura 2 se muestra la lámina total de riego aplicada a cada uno de los lisímetros durante el ciclo de cultivo, se aprecia que la magnitud de la lámina de riego aplicada osciló entre 605,19 y 549,25 mm. Esta diferencia puede estar relacionada con el criterio para estimar el tiempo de riego, el cual estuvo dado por el llenado de los surcos, y debido a que fueron construidos en forma manual, no eran de tamaño uniforme. Además, en estos suelos es normal la aparición de grietas, que ocasionan importante pérdida de agua de riego y aumento en la cantidad de agua aplicada, que drena hacia capas inferiores, por debajo del área radical del cultivo.

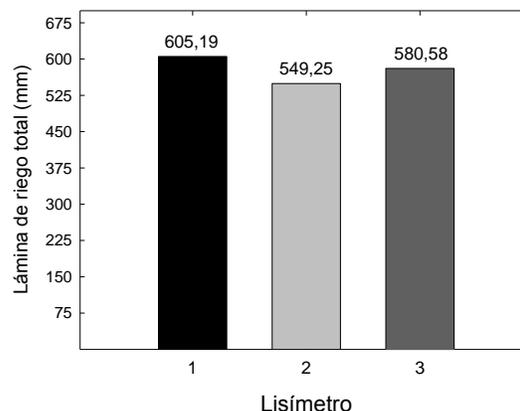


Figura 2. Lámina total de riego aplicada en cada lisímetro para el cultivo cebolla, durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

La lámina promedio total de riego obtenida fue 592,34 mm, valor similar al obtenido por Rázuri *et al.* (2005), y ligeramente superior a los reportados por Barahona (1978), Brito (1995) y López y Dennett (2007) en el Valle de Quíbor, las cuales fueron 403, 408 y 457 mm, respectivamente.

En la Figura 3A se observa que en la magnitud de la lámina de riego promedio de los tres lisímetros a lo largo del periodo evaluado, existió uniformidad en la frecuencia de riego, la cual se distanció cuando ocurrieron precipitaciones

(Figura 3B). Las precipitaciones aumentaron al final del periodo de cultivo, por lo que el último riego se realizó el día 94 después del trasplante. El riego de mayor magnitud fue el primero, 59,27 mm, el cual se aplicó el día del trasplante y constituyó el riego de asiento.

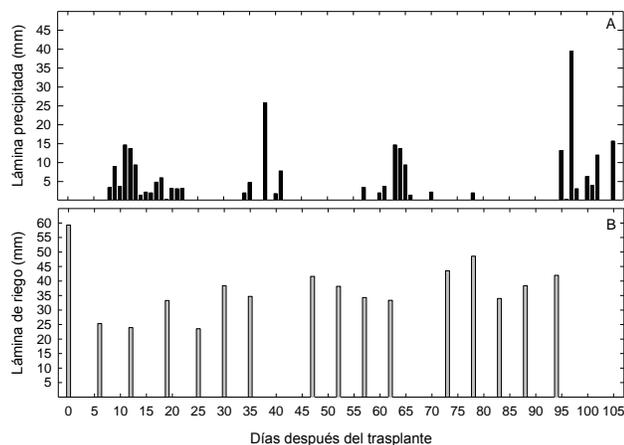


Figura 3. Lámina precipitada y lámina promedio de riego para el cultivo cebolla, durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

LÁMINA DE DRENAJE

La lámina de drenaje se determinó a través del volumen de agua extraído diariamente de cada uno de los lisímetros durante el periodo de estudio. El volumen de agua drenada se estimó desde el día de trasplante hasta el último día del ciclo de cultivo, momento en el cual la lámina drenada era nula. En ese momento la lámina de agua en el perfil de suelo medida gravimétricamente era de 22,5 mm, similar a que presentaba el día del trasplante (18,0 mm).

En la Figura 4 se aprecian los valores de lámina de drenaje total obtenidos para cada lisímetro durante el ciclo de cultivo, se destaca que oscilaron entre 114,46 y 143,47 mm, esta diferencia puede atribuirse a que el volumen de riego aplicado a cada uno de los lisímetros no fue homogéneo. La humedad del suelo, medida gravimétricamente, antes del primer riego y después del último fue similar.

En la Figura 5 se muestra la lámina de drenaje promedio diario de cada lisímetro durante el ciclo de cultivo, la mayor lámina de drenaje se obtuvo al principio del ciclo de cultivo (4,32 mm),

lo cual puede deberse a la magnitud de la lámina del riego de asiento.

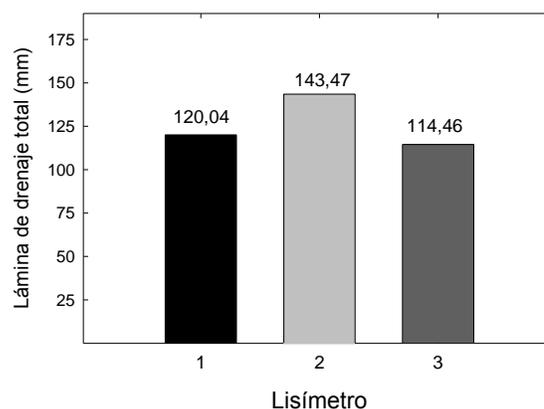


Figura 4. Lámina total de drenaje obtenida en lisímetros cultivados con cebolla durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

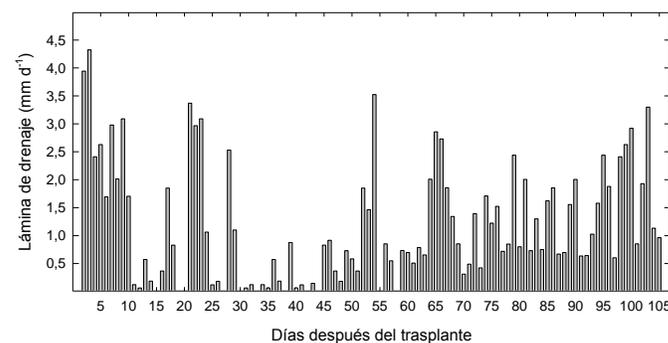


Figura 5. Lámina de drenaje promedio diaria extraída de lisímetros cultivados con cebolla durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

LÁMINA CONSUMIDA

En la Tabla 1 y en la Figura 6 se observa la lámina promedio medida en los intervalos establecidos. El consumo total de agua por parte del cultivo fue 617,87 mm, no hubo patrón definido en la lámina de consumo de agua por parte del cultivo a lo largo del periodo evaluado. Esto puede estar relacionado con las continuas precipitaciones que ocurrieron a lo largo del ciclo, lo cual obligó a ajustar la frecuencia de riego. Debido a las diferencias de duración de los intervalos, no fue válida la comparación de la lámina consumida entre cada uno de estos; adicionalmente al final del ciclo del cultivo ocurrió una precipitación efectiva de 36,50 mm, lo que aumentó la lámina consumida, a pesar de que el cultivo estaba en fase de secado.

Tabla 1. Lámina consumida por el cultivo cebolla en Quíbor, Venezuela.

ddt	Lámina de riego (mm)	Precip. efectiva (mm)	Lámina de drenaje (mm)	Lámina consumida (mm)	Lámina consumida (mm d ⁻¹)
0 al 5	59,27	0,00	14,30	44,97	8,99
6 al 11	25,33	8,90	10,68	23,56	4,71
12 al 18	23,97	10,60	3,81	30,76	5,13
19 al 24	33,29	6,30	10,61	28,98	5,80
25 al 29	23,56	0,00	3,81	19,75	4,94
30 al 34	38,36	2,00	0,37	39,99	10,00
35 al 46	34,71	38,70	4,08	69,33	6,30
47 al 51	41,60	0,00	3,71	37,88	9,47
52 al 56	38,18	0,00	6,39	31,79	7,95
57 al 61	34,32	9,00	2,73	40,59	10,15
62 al 72	33,35	39,00	14,92	57,43	6,38
73 al 77	43,51	0,00	6,03	37,49	9,37
78 al 82	48,54	2,10	7,28	43,36	10,84
83 al 87	33,99	0,00	5,59	28,40	7,10
88 al 93	38,38	0,00	7,45	30,93	6,19
94 al 105	41,99	36,50	25,82	52,67	3,29
Total	592,34	153,10	127,57	617,87	

ddt= días después de trasplante

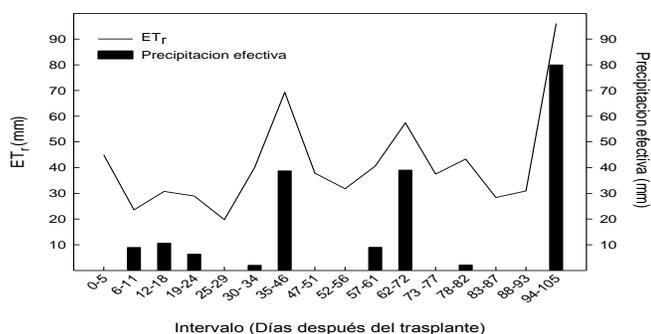


Figura 6. Lámina consumida por el cultivo cebolla y precipitación efectiva durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

Los valores de ET_r fueron diferentes a lo largo del ciclo de cultivo, estos valores estuvieron influenciados por la ocurrencia de precipitaciones, las cuales fueron de distinta magnitud y frecuencia, lo que sumado a la baja tasa de

infiltración ocasionó un tiempo de drenaje prolongado. Lo anteriormente expuesto, causa que el análisis por día sea impreciso, por lo que fue más conveniente realizar el análisis con láminas acumuladas.

CORRELACIÓN ENTRE LA ET_r OBTENIDA CON LISÍMETRO Y LA ET_C ESTIMADA.

En la Tabla 2 se observan los valores acumulados medidos de ET_r y las estimaciones de ET_C. Los valores totales de ET_C presentaron una subestimación importante con respecto a las mediciones con lisímetro. En el caso de la evapotranspiración obtenida con la ecuación Penman Monteith, el valor total estimado para el ciclo del cultivo fue menor al valor de evapotranspiración obtenido con la ecuación

Tabla 2. Valores medidos y estimados de evapotranspiración del cultivo de cebolla y en Quíbor, Venezuela.

Días	0 al 5	6 al 11	12 al 18	19 al 24	25 al 29	30 al 34	35 al 46	47 al 51	52 al 56	57 al 61	62 al 72	73 al 77	78 al 82	83 al 87	88 al 93	94 al 105
ET _r acum. ⁽¹⁾ (mm)	45,0	68,5	99,3	128,3	148,0	188,0	257,3	295,2	327,0	367,6	425,0	462,5	505,9	534,3	565,2	617,9
ET _C acum. ⁽²⁾ H-S (mm)	21,9	46,9	79,4	104,6	129,6	153,9	211,2	236,0	263,4	289,7	344,7	370,2	395,2	417,7	466,8	525,3
ET _C acum. ⁽³⁾ P-M (mm)	20,0	39,1	63,8	84,0	104,3	124,4	166,9	188,8	213,8	236,1	286,9	306,7	328,6	345,2	382,4	429,4

(1) ET_r medida con los lisímetros.

(2) ET_C calculada con la ET₀ Hargreaves Samani.

(3) ET_C calculada con ET₀ Penamn Monteith.

Hargreaves-Samani (429 mm) y las mediciones lisimétricas (525 mm). Los valores estimados por ambos métodos y en especial el valor obtenido con la ecuación Penman Monteith fue similar a los valores de ET_C reportados para Quíbor por López y Dennett (2009) y López (2011) para los cultivares TG 438 y Utopía. Otros valores de evapotranspiración de cebolla registrados por Doorenbos y Kassam (1979) y Bandyopadhyay *et al.* (2003) oscilaron entre 350 y 550 mm por ciclo. La medición con lisímetro, con un valor total por ciclo de 618 mm es superior a los valores anteriores y ligeramente inferior a los mostrados por Prashar *et al.* (1994) en ambientes secos y cálidos del Sahel africano (718 mm).

En la Figura 7 se muestra la correlación entre los valores acumulados de ET_C y ET_r , para el cultivo de cebolla. Se obtuvo un valor de r^2 igual a 0,995 en el caso de las estimaciones de ET_C con ET_0 - Hargreaves-Samani y 0,997 para ET_0 - Penman Monteith.

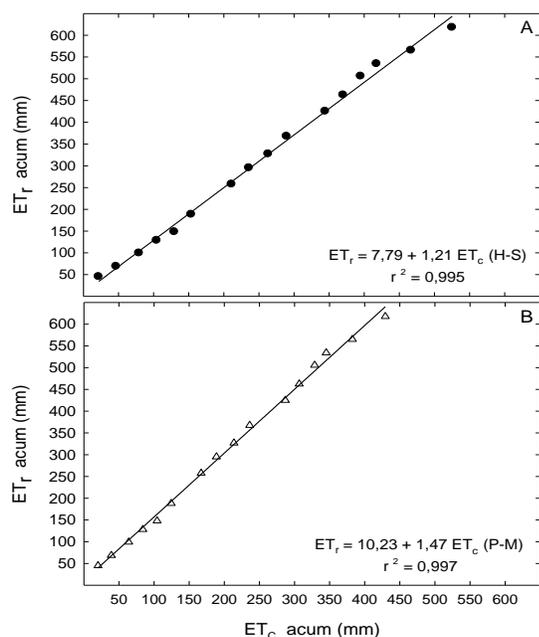


Figura 7. Correlación entre valores medidos de evapotranspiración real del cultivo de cebolla y las estimaciones obtenidas con la ecuación Hargreaves-Samani (A), y la ecuación Penman-Monteith (B) en Quíbor, Venezuela.

La alta correlación entre valores acumulados de ET_C y ET_r muestra consistencia bajo las condiciones evaluadas, sin embargo, los valores

estimados fueron menores que los valores de medidos.

PRODUCCIÓN DEL CULTIVO

La producción promedio en el área donde se encontraban los lisímetros fue 25,38 Mg ha⁻¹, similar a la obtenida por Ramírez (2001), quien encontró 24 Mg ha⁻¹; entre agosto y diciembre. Riera (1996) informó valores ligeramente menores a los mencionados, 28.22 Mg ha⁻¹ en el periodo marzo-junio. También en Quibor, Brito (1995) informó rendimiento de 17 Mg.ha⁻¹.

CONCLUSIONES

- Las estimaciones de evapotranspiración obtenidas por la metodología de dos pasos, propuesta por FAO en la publicación número 56, mostraron bajos valores con relación a las mediciones lisimétricas en campo. Esta condición de subestimación fue mayor en el caso de la ET_C obtenida con el valor de ET_0 correspondiente a la ecuación de Penman Monteith.
- La alta correlación entre valores estimados y medidos con lisímetro solo incluye valores acumulados en intervalos de duración variable (de cinco a diez días) y no necesariamente se puede extrapolar a la relación entre valores de evapotranspiración diaria.
- El tipo de lisímetro utilizado en el presente estudio no es recomendable para la medición de la evapotranspiración diaria.

REFERENCIAS

- Aboukhaled, A., Alfaro, J. y Smith, M. 1986. Los Lisímetros. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Documento N° 39. Roma 68 p.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M. 1998. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Documento N° 56: Serie Estudios Riego y drenaje. Roma. 299 p.

- Bandyopadhyay, P. Mallick, S. and Rana, S. 2003. Actual evapotranspiration and crop coefficient of onion (*Allium cepa* L) under varying soil moisture levels in the humid tropics of India. *Tropical Agriculture* 80: 83-90.
- Barahona, R. 1978. Respuesta de la cebolla a distintas láminas de riego en Quíbor. Trabajo de grado. M. Sci. CIDIAT- ULA. Mérida. Venezuela. 75 p.
- Brito, J. 1995. Requerimientos hídricos y manejo de la salinidad del cultivo cebolla en el valle de Quíbor, Estado Lara. Trabajo de grado M. Sci. CIDIAT- ULA. Mérida. Venezuela. 80 p.
- CIDIAT (Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras). 1994. Evaluación de métodos de riego en el valle de Quíbor. Sistema Hidráulico Yacambú- Quíbor. Mérida. Venezuela. 149 p.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: riego y drenaje. N° 24. Roma. 194 p.
- Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response of water. FAO. Irrigation and Drainage. Paper N° 33. Rome, FAO.
- Grassi, C. 1998. Fundamentos del riego. Serie Riego y Drenaje. RD- 38 CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- IRRISOFT 1996. DailyET - Daily Evapotranspiration.- IRRISOFT Database on Irrigation and Hydrology Software, Department of Rural Engineering and Natural Resource Protection, University of Kassel, Witzenhausen.
- Khan, L., Gil, J. y Acosta, R. 1998. Diseño y funcionamiento de un Lisímetro hidráulico para medición de la evapotranspiración potencial. *Bioagro* 10(1): 11-17.
- López, J. 2011. Aerodynamic and crop resistances, growth and evapotranspiration of onion (*Allium cepa* L) in semiarid Venezuela. PhD Thesis, University of Reading. UK. 183 p.
- López, J. y Denett, M. 2007. Estimación del uso del agua en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) en las condiciones de Quíbor, estado Lara Venezuela. *Bioagro* 19 (3): 127-132.
- López, J. y Dennett, M. 2009. Evaluación de enfoque de la FAO para estimación de evapotranspiración del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) en Quíbor, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* (27):49-58.
- López-Urrea, R., de Santa Olalla, F., Fabeiro, C. and Moratalla, A. 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeters observations in a semiarid climate. *Agricultural Water Management* 85: 15-26.
- Olavarrieta, S. 1998. Construcción de un Lisímetro para Cebolla. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Material de enseñanza. Cabudare, Venezuela. 22 p.
- Prashar, C., Govind, C. and Mohamdou, G. 1994. Evapotranspiration of onion in Sahelian Niger. *Experimental Agriculture*. 30: 473-476.
- Ramirez, H. 2001. Growth and nutrient absorption of onion (*Allium Cepa* L) in the tropics in response to potassium nutrition Ph.D Thesis. Imperial College. University of London, London, Uk. 196 p.
- Rázuri, L., Linares, J., Rosales, J., Romero, E. y Hernández, J. 2005. Validación del modelo leachm para predecir la salinidad en un suelo del Valle de Quíbor, con cultivo de cebolla bajo riego localizado. *Rev. For. Lat.* 38: 97-118.
- Riera, J. 1996. Crecimiento y desarrollo de la cebolla en la depresión de Quíbor. Trabajo de grado para optar al título de T.S.U. Agropecuario. UCLA. Decanato de Veterinaria. Carora. Venezuela. 70 p.

Rodríguez, R. y Pire, R. 2008. Evapotranspiración diaria del tomate determinada mediante un lisímetro de pesada. *Agronomía Tropical* 58 (1): 73-76.

Sentelhas, P., Pereira, A., Folegatti, M., Pereira, F., Villanova, A. e Maggiotto, S. 2000. Variação sazonal do parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa diária da evapotranspiração de referência. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8:49 – 53.

INVENTARIO DE ÁRBOLES EN PLAZAS DE GUANARE, VENEZUELA*

Inventory of trees in Guanare's squares, Venezuela

Carmen Giménez¹ y Thaida Berrío¹

RESUMEN

Los árboles en las ciudades proporcionan aislamiento, crean barreras visuales, protegen del viento, sol o ruido, embellecen espacios de esparcimiento. Los objetivos de esta investigación fueron determinar la clasificación botánica y características morfológicas de las especies, así como su estado fitosanitario y daños que ocasionan a infraestructuras en las plazas de Guanare. Para cada individuo se registró nombre científico, nombre común y familia. Se determinó: altura total, diámetro de copa, forma de fuste, presencia de raíces superficiales, estado fitosanitario, estado de desarrollo, podas y los daños que causan a infraestructuras. En once plazas, se encontraron un total de 253 árboles pertenecientes a 14 familias. Las familias predominantes fueron Mimosaceae y Meliaceae con tres especies cada una. Las especies más frecuentes fueron: *Samanea saman* (8 plazas), *Mangifera indica* (7 plazas) y *Tabebuia rosea* (6 plazas). En 57% de los individuos se encontró fuste recto y limpio, 88% presentó raíces superficiales. El 81% estaban sanos, 99% eran adultos. El 88% no ha sido objeto de poda. La mayoría de los árboles afectan los tendidos eléctricos debido a la falta de inspección o mantenimiento y a la no adecuada selección de las especies para espacios públicos.

Palabras clave: dimensiones, forma, familia, ornato, especies.

ABSTRACT

In cities, trees provide isolation or creates visual barriers for wind, sun or noise protection, and beautifies recreational areas. The objectives of this research were to determine the botanical classification and morphological characteristics of tree species, as well as, their phytosanitary condition and the damages they caused to infrastructure in Guanare's squares. For each specimen, scientific name, common name and family were recorded. Total height, crown diameter, stem form, presence of surface roots, phytosanitary condition, growth stage, pruning and damage caused to infrastructure were determined. We found a total of 253 trees in eleven squares belonging to fourteen families. The predominant families were Mimosaceae and Meliaceae with 3 species each. The most frequently species were: *Samanea saman* (8 squares), *Mangifera indica* (7 squares) and *Tabebuia rosea* (6 squares). In 57% of individuals the trunk were clean and straight, 88% showed surface roots; 81% were considered healthy and 99% were adults. Eighty-eight percent (88%) has not been pruned. Due to the lack of inspection and maintenance, as well as to the poor selection of species for public spaces, most of the trees affect power lines.

Key words: dimensions, form, family, ornament, species.

(*) Recibido: 15-10-2012

Acceptado: 25-03-2013

¹ Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. Email: gimenezgrysmary1284@hotmail.com; thberrio@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

En las ciudades, la plantación de árboles responde a distintos fines; demarcar límites y zonas, proporcionar aislamiento o crear barreras visuales, proteger del viento, sol o ruido, embellecer o dar sombra en espacios de recreo o esparcimiento, como parques y plazas. Para estos fines pueden ser utilizados de manera aislada, para formar pequeños grupos, grandes masas o alineaciones en calles. En cualquiera de los casos, será imprescindible el perfecto conocimiento del carácter y de las limitaciones de las especies que pueden ser utilizadas, así como del entorno donde se ubicarán (suelo, clima y polución, entre otras), de esta manera tendremos una mayor garantía de lograr los fines deseados (Sánchez 2006).

Según Mérola (2000), una plaza es “un espacio recreacional, que posee una escultura central, con áreas verdes y que el público utiliza para su recreación pasiva”. Un área pública bien diseñada, acorde con las exigencias actuales, además de formar parte del ornato y embellecimiento de las ciudades, contribuye con la regulación del microclima, constituye un refugio de fauna, favorece el control de la contaminación y el sano esparcimiento de las personas. El arbolado urbano ayuda en el ornato de las áreas verdes y en la regulación atmosférica (Del Pozo 2011).

Para la ciudad de Guanare no existen estudios sobre inventario de árboles y ornato de plazas. Los objetivos del presente estudio fueron determinar la composición de especies de árboles en las plazas de la ciudad de Guanare, sus

características morfológicas, estado fitosanitario y posibles daños causados a infraestructuras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y ubicación de las plazas: Se consideraron once plazas ubicadas en la ciudad de Guanare (Figura 1), para cada una se determinaron las coordenadas UTM y la altitud (Tabla 1).

Clasificación botánica y caracterización morfológica de especies

Se empleó el criterio de Lindorf (1991) quien señala que árbol es una “planta leñosa de cinco o más metros de altura que se diferencia en un tronco o fuste y copa”. Para los nombres científicos, nombres comunes y familia se utilizó la clasificación de Cronquist (1981). Las observaciones se realizaron entre los meses de abril y junio de 2010. Se evaluaron variables cuantitativas altura total (m), medida desde el suelo hasta la parte más alta del árbol y diámetro de la copa de un extremo a otro en la parte más ancha y en sentido este-oeste; ambos medidos con cinta métrica graduada sobre listón de madera. Las variables cualitativas fueron forma de fuste (recto, ligeramente torcido, torcido) (Bonilla 1998), raíces superficiales (presentes, ausentes), estado fitosanitario (sano, enfermedad leve, enfermo), fase de desarrollo (joven, adulto), podas realizadas (sí, no) y daños causados a infraestructuras (aceras, caminerías, tendidos eléctricos).

Análisis estadístico: los datos registrados para las variables cuantitativas se analizaron a través de estadística descriptiva, se determinó límite

Tabla 1. Ubicación geográfica de las plazas de Guanare.

Plazas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
Arpa	418701	999503	161
Andrés Bello	418325	999339	160
Andrés Eloy Blanco	419476	1000765	156
Bolívar	417450	999921	182
Coromoto	417993	1000082	180
Francisco de Miranda	4183741	1000361	182
Henri Pitter	417570	999241	165
Hno. Nectario María	418097	1000126	176
Inmigrantes	417120	998908	168
Madres	417409	1000020	189
Luís Camoes	418237	1000183	183

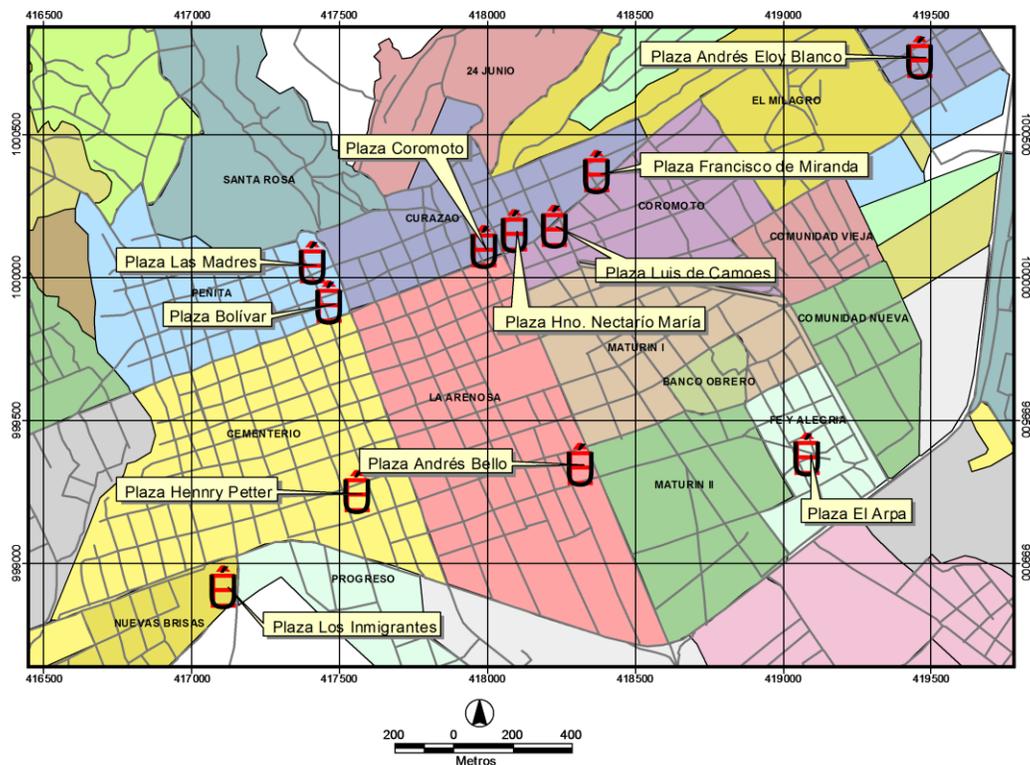


Figura 1. Ubicación relativa de las plazas de Guanare.

superior, límite inferior, promedio y coeficiente de variación. Para las variables cualitativas se aplicaron, escala nominal y ordinal y sus análisis están referidos a frecuencias y porcentajes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clasificación botánica de las especies de árboles: Se registraron 21 especies pertenecientes a catorce familias. Las que presentaron mayor número de especies fueron Mimosaceae y Meliaceae (tres especies); Fabaceae, Sterculiaceae y Moraceae presentaron dos especies, mientras que el resto de las familias solo presentaron una especie (Tabla 2).

De estas especies caoba (*Swietenia macrophylla*) es el árbol emblemático del estado Portuguesa; además se encuentran especies relacionadas con aspectos culturales del pueblo guanareño, tales como, samán (*Samanea saman*), cedro (*Cedrela odorata*), roble (*Platymiscium pinnatun*), merecure (*Licania pyrifolia*), araguaney (*Tabebuia chrysantha*), caro-caro

(*Enterolobium cyclocarpum*) y camoruco (*Sterculia apetala*).

Caracterización de las especies

Variables cuantitativas

Altura total: varió entre 5,0 (neem) y 29,6 m (roble), la familia cuyas especies presentaron mayor altura promedio fue Fabaceae con 18,7 m y la que presentó menor altura promedio fue Verbenaceae (7,0 m) (Tabla 3).

Diámetro de copa: varió entre 1,4 (neem) y 17,1m (caro-caro). La familia cuyas especies presentaron árboles con mayor diámetro promedio de copa fue Moraceae (26,3m), el menor diámetro lo presentaron los árboles de la familia Verbenaceae (1,0 m) (Tabla 3).

Variables cualitativas

Forma de fuste: El 57,0% de las especies presentaron individuos rectos (apamate, caoba, samán, caro-caro, camoruco, cedro, merecure,

Tabla 2. Clasificación botánica de las especies de árboles en plazas de Guanare.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Apamate
Caesalpiniaceae	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo
Chrysobalanaceae	<i>Licania pyrifolia</i>	Merecure
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Almendrón
Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus aconitifolios</i>	Pringamosa
Fabaceae	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Roble
	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Peonio
Lythraceae	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Flor de la reina
Sterculiaceae	<i>Sterculia apetala</i>	Camoruco
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba
	<i>Azadirachta indica</i>	Neen
	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro
Mimosaceae	<i>Albizia caribea</i>	Carabalí
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Caro-Caro
	<i>Samanea saman</i>	Samán
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	Siempre verde
	<i>Maclura tinctoria</i>	Mora
Sapindaceae	<i>Melicocca bijuga</i>	Mamón
Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i>	Teca

Tabla 3. Altura total y diámetro de la copa de los árboles en plazas de Guanare.

Descriptivo	Altura (m)	Diámetro de copa(m)
Mínimo	5,0	1,4
Máximo	29,6	17,1
Media	13,3	7,9
CV (%)	44	53

carabalí, peonio, teca, roble y neen) y 43,0%, ligeramente torcidos, (mango, mamón, guácimo, flor de la reina, siempre verde, almendrón, tamarindo, mora y pringamosa), debido probablemente al peso de los frutos en algunos individuos y en otros a que alcanzaron alturas considerables y no habían sido sometidos a podas de formación y mantenimiento.

Raíces superficiales: El 88,0% de las especies presentaron raíces superficiales, entre ellas samán, camoruco, siempre verde, tamarindo, que no están bien ubicadas, ya que fueron plantadas cerca de las caminerías internas donde causan daño.

Estado fitosanitario: la mayoría de las especies se encontraron sanas y vigorosas (81,0%); 18,0% presentó signos de enfermedades leves y 1,0% se mostraron afectadas biológicamente. De acuerdo con Iguñiz (2011), la calidad de los espacios verdes de una ciudad y de su arbolado depende de

su estado estructural y fitosanitario, y de su funcionalidad y belleza.

Estado de desarrollo: la mayoría de árboles eran adultos (99,0%), lo que indica que en las plazas no se ha realizado recambio de especies.

Poda: el 88,0% de las especies no han sido objeto de poda y esta práctica es primordial para las especies que están ubicadas cerca de tendidos eléctricos.

Daños causados a infraestructura: Las estructuras menos afectadas fueron las calles (1,0%) y las más afectadas los tendidos eléctricos (97,0%), esto se debe a la falta de poda, inadecuada ubicación y selección de especies (Tabla 4).

De las especies encontradas, las siguientes se recomiendan para plazas: apamate, caoba, flor de la reina y cedro, de acuerdo con lo informado por

Tabla 4. Variables cualitativas de árboles en plazas de Guanare.

VARIABLES	ESCALA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Forma de fuste	Recto	144	57
	Ligeramente Torcido	109	43
	Torcido	0	0
Raíces superficiales	Presentes	223	88
	Ausentes	30	12
Estado fitosanitario	Sano	207	81
	Enfermedad leve	45	18
	Enfermo	1	1
Estado de desarrollo	Joven	2	1
	Adulto	251	99
Podas realizadas	Si	1	12
	No	252	88
Daños infraestructura	Aceras	3	2
	Caminerías	1	1
	Tendidos eléctricos	249	97

Muñoz y Tarazón (1984), quienes además aconsejan especies tolerantes a sequías como caoba; con raíces profundas que no presenten aletones (almendrón), preferiblemente con copas piramidales para no afectar a los tendidos eléctricos, ubicar los árboles con copas grandes hacia las partes centrales de las plazas, no colocar arboles con frutos comestibles como el mango porque afectan el ornato en la temporada de fructificación, ni arboles con hojas muy grandes que podrían causar obstrucción de drenajes.

Se encontró deficiencia en el mantenimiento de los árboles en las plazas de Guanare por la falta de poda y presencia de algunas parasitas en las copas, así como también en ubicación, ya que especies como samán en algunos casos, están ubicadas en las esquinas de las plazas, lo cual ocasiona problemas con los tendidos eléctricos. De igual forma se observaron problemas con las caminerías internas de las plazas, que están levantadas por raíces tipo aletones. Esto indica que la selección de especies no fue adecuada para estos espacios públicos.

Especies que se pueden proponer para estos espacios públicos son: cuji de jardín (*Calliandra schultzei*), cedro, araguaney (*Tabebuia chrysantha*), apamate, almendrón, flor de la reina, pilón (*Andira inermis*), palo de maría (*Triplaris sp.*), rosa de montaña (*Brownea macrophylla*), sombrereiro (*Clitoria sp.*), casia de siam (*Senna*

siamea), bototo (*Cochlospermum vitifolium*), así como algunas palmas ornamentales, entre otros, lo cual dependerá del aérea a utilizar para el diseño de la plaza así como también el mantenimiento y la inspección de las especies.

CONCLUSIONES

En las plazas de Guanare se encontraron 21 especies de árboles pertenecientes a 14 familias botánicas.

La mayoría de los árboles no reúnen las características para estos espacios públicos, por su gran altura, diámetro de copa y presencia de raíces superficiales que afectan los tendidos eléctricos, aceras y caminerías. Para futuros diseños y recambios en las plazas, se recomienda seleccionar especies acordes en su forma, dimensiones y fenología.

La mayor parte de los árboles se encuentran en estado adulto, algunos con signos de enfermedades y no han sido podados, lo cual evidencia el poco mantenimiento y recambio de especies.

REFERENCIAS

- Bonilla, J. 1998. Censo e intensidad óptima de muestreo con fines de planificación silvicultura en bosque de la reserva forestal Caparo, Venezuela. Trabajo Ascenso. Unellez. 85 p.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia. University Press, New York. pp.422-425.

Del Pozo, S. 2011. Arboricultura urbana. [Documento en línea]. En: <http://www.arboriculturaurbana.blogspot.com> [agosto de 2011].

Iguñiz, G. 2011. Arboricultura. [Documento en línea]. En: <http://www.arbolonline.org> [agosto de 2011].

Lindorf, H. 1991. Botánica, clasificación estructura y reproducción. Ediciones de la biblioteca UCV, Caracas. 550 p.

Mérola, G. 2000. Vegetación y diseño. Ediciones Fundación Polar, Caracas. 430 p.

Muñoz, J. y Tarazón, J. 1984. Árboles como plantarlos y cuidarlos. Fundaárbol. Caracas, Ven. 47 p.

Sánchez, J. 2006. Algunas consideraciones sobre el árbol en el diseño urbano. [Documento en línea]. En: <http://www.arbolesornamentales.com/Arbolurbando.htm>. [junio de 2006].

TIPOS DE INFORMACIÓN Y MECANISMOS DE DIFUSIÓN EN ORGANIZACIONES AGRÍCOLAS. SISTEMA DE RIEGO LAS MAJAGUAS, ESTADO PORTUGUESA*

Types of information and their mechanisms of dissemination in agricultural organizations. Irrigation system Las Majaguas, Portuguesa State

Reimilys Ríos¹ y Anolaima Delgado¹

RESUMEN

A pesar de los adelantos tecnológicos, nuestra agricultura carece de una estructura y medios para generar, transformar y difundir la información agrícola estadística a través de bases de datos regionales o locales que apoyen el desarrollo de los productores y sus organizaciones, así como la investigación y extensión. Esta investigación se planteó con el propósito de identificar los tipos de información agrícola y sus mecanismos de difusión utilizados por las organizaciones agrícolas vinculadas al sistema de riego Las Majaguas, estado Portuguesa, en el año 2010. Se sustentó en una investigación de campo, de carácter descriptivo bajo la modalidad exploratoria. La población objeto de estudio estuvo conformada por quince (15) organizaciones y la recolección de datos se realizó mediante un instrumento tipo cuestionario contentivo de quince (15) ítems procesados con estadística básica. Como resultados se obtuvo que 90% de las organizaciones poseen información agrícola que actualizan mediante fuentes diferentes (propias 40%, otras instituciones 30%, organizaciones de productores 20% y productores 10%). Con relación a los mecanismos de difusión, 27% utilizan medios impresos, 47% visitan directamente a organizaciones de productores y 27% elaboran mapas. Esto demuestra debilidades en cuanto al manejo de información y deficiencias en el uso de tecnología, así como de recursos que dificultan una mayor vinculación entre las instituciones que representan el sector agrícola. Se evidenciaron pocos medios de difusión que generen una información asequible a los agricultores. Se recomienda el establecimiento de políticas y procedimientos para implementar un sistema de información de apoyo al desarrollo agrícola de la zona.

Palabras clave: comunicación agrícola, desarrollo rural, extensión agrícola.

ABSTRACT

Despite technological advances, our agriculture lacks the structure and means to generate, to transform, and to transmit the agricultural statistical information, that support regional or local databases that support the producers and their organizations' development, as well as the research and extension data. The purpose of this research was to identify the types of agricultural information and the dissemination mechanisms used by the agricultural organizations related to the Las Majaguas irrigation system, Portuguesa State in 2010. The research was based on an exploratory field research modality of descriptive character, fifteen (15) organizations were selected as the studied population and the data collection was performed by a questionnaire consisting of fifteen (15) processed items with basic statistical techniques. It was found that 90% of the organizations possess agricultural information, that they update through different sources (own 40%; other institutions 30%; producers' organizations 20% and producers by themselves 10%). In relation to dissemination mechanisms, 27% use printed media, 47% directly visit producers' organizations and 27% produce maps. These situations demonstrate information

(*) Recibido: 25-10-2012

Aceptado: 06-05-2013

¹ Decanato de Agronomía, Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. E-mail: anolaimadelgado@ucla.edu.ve

management weaknesses and deficiencies in the use of technology and resources, which in turn reduce the linkage among the institutions that represent the agricultural sector. Few media that generate affordable information to the farmers were detected. It is recommended the establishment of policies and procedures to implement an information system, to support the agricultural development of the area.

Key words: agricultural communication, rural development, agricultural extension.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de la agricultura es la carencia de un sistema de información organizado que permita de forma rápida y eficientemente la incorporación, difusión, recuperación, almacenamiento, reproducción y actualización de la información que se necesita para la toma de decisiones, tanto en el sector agrícola como en sectores relacionados y la sociedad en general.

Por lo tanto, un sistema de información debe estar relacionado con su entorno para recibir, almacenar, procesar y distribuir información, por lo que puede ser definido como un conjunto de procedimientos y equipos diseñados, construidos, operados y mantenidos por personas con la intención de recoger, registrar, procesar, almacenar, recuperar y visualizar información, entendida como todo conocimiento o mensaje que puede utilizarse para aumentar las capacidades de decisión o acción (Clavijo 2005).

La información agrícola en Venezuela ha sido en muchos casos inexistente, pues los medios institucionales que deben difundirla no están actualizados. Parte de esto se evidencia en los registros agrícolas que se llevan a nivel nacional. Debe existir una nueva dinámica institucional que plantee la necesidad de renovar y modernizar los esquemas conceptuales y de acción para que las instituciones de la región cumplan a cabalidad con su propósito de apoyo a organizaciones y usuarios en general (Miranda 2004).

Según Rojas (2001), en Venezuela existe conciencia de la importancia que tiene el manejo correcto de la información. Se puede afirmar que casi la totalidad de los negocios cuentan con sistemas de información para la toma de decisiones; sin embargo, el sector agrícola ha permanecido, salvo contadas excepciones,

marginado de esta tendencia. Desde el punto de vista del agricultor la información es un insumo fundamental para la adecuada toma de decisiones. Si no se dispone de información sobre precios pasados y futuros por ejemplo, esto impedirá una mejor estimación del precio que podría obtener por su cosecha.

A nivel nacional, de acuerdo con Clavijo (2005), no ha existido un desarrollo de las estadísticas agrícolas y la información agrícola no fluye adecuadamente, debido entre otras razones a: falta de información por no tener disposición, porque a pesar de contar con herramientas tecnológicas que permiten resguardar la integridad de las personas y los materiales físicos de una empresa e institución, poco se utiliza para obtener información acerca de otras instituciones de la rama en otros estados o municipios, de manera de asegurar la prosecución de los objetivos establecidos a nivel de la alta gerencia.

La información de estadísticas agrícolas es poca y a pesar de que cada diez años se realiza un censo con el objetivo de obtener información básica de la estructura agrícola, a través de la cual se tenga mayor efectividad en la formulación de políticas, planes y proyectos de desarrollo, estos resultados no reflejan la realidad del agro (Hernández 2009). En la mayoría de los casos la información no se divulga hacia afuera de la institución, país o región. Además la información no está analizada sistemáticamente, ni reportada en fuentes divulgativas.

Esto trae como consecuencia toma decisiones erradas e inoportunas, por carecer de medios de registros, que permitan captar la situación para su administración y análisis. Así mismo, se presentan inconvenientes al momento de generar las estadísticas que deben ser enviadas por el Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT) a las instituciones

que necesitan usar datos de fincas y estadísticas agrícolas para facilitar seguimiento e implementar políticas públicas.

Abarca y Bernabé (2008) evaluaron las necesidades de una infraestructura de datos espaciales para la gestión pública de las tierras en el país, mediante el inventario de las principales instituciones gubernamentales y organizaciones comunitarias que son productoras y consumidoras de datos geo-espaciales y la identificación de sus actividades en el ámbito geográfico. Revisaron de las infraestructuras de datos espaciales en Iberoamérica, e identificaron sus características y componentes principales. Reportaron que Venezuela se encontraba por debajo de los países analizados en los índices de aislamiento en redes de acceso, recursos humanos, organización, financieros e información en cartografía digital y metadatos. Concluyeron que en la producción de geo-datos en el país participa una gran cantidad de organismos del Estado, en diferentes ámbitos geográficos y de otros sectores de la economía, los cuales han generado información de manera independiente, con duplicidad de esfuerzo y con limitada o inexistente conexión entre ellas.

De igual forma, Montero (2008) realizó un estudio con el objeto de establecer bases para el desarrollo del Sistema de Información Agrícola Nacional (SIAN), el cual tendría su expresión más visible en la elaboración de una presentación electrónica, a través de internet, que incluiría todas aquellas contribuciones o productos que estuviesen disponibles o que pudiesen llegar a generarse.

En la zona de estudio, ubicada en los municipios San Rafael de Onoto, Agua Blanca y Páez del estado Portuguesa, existe un interés en el desarrollo agrícola, por tanto se encuentran presentes un conjunto de organizaciones públicas, privadas y comunitarias, dentro del ámbito del sistema de riego. Para lograr sus objetivos requieren información que sea completa, actualizada, organizada, y que garantice la validación, integridad y respaldo de los datos manejados. Además, los organismos públicos deben proporcionar el acceso a los datos de forma rápida, controlar el ingreso y salida de manera que se maneje de forma amplia y detallada. Como

resultado de los datos recolectados se deben generar reportes que apoyen la toma de decisiones.

Por lo anteriormente expresado, el presente estudio tuvo como objetivo determinar los tipos de información y mecanismos de difusión que manejan las organizaciones agrícolas vinculadas al sistema de riego Las Majaguas, estado Portuguesa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de riego Cojedes-Sarare, conocido como Las Majaguas, se localiza en la región Centroccidental del país, al Noreste del estado Portuguesa y límites con el estado Cojedes en jurisdicción del municipio Agua Blanca. Su construcción fue iniciada en 1969. Comprende un total de 32.600 ha brutas con un 75% de área neta, 24.450 ha netas parcialmente desarrolladas. El potencial agrícola de la zona es importante, pues existen más de 1.300 productores, razón por la cual en los últimos años se ha invertido una gran cantidad de recursos financieros, se ha apoyado con inversiones y financiamiento agrícola, y cuenta con la presencia de instituciones públicas y privadas (OLMECA 2009).

El estudio se desarrolló bajo el tipo investigación de campo, con la modalidad de investigación exploratoria. Se identificaron y caracterizaron las instituciones u organizaciones del sector agrícola en el país con sistemas de información. Posteriormente se visitaron las instituciones públicas y sobre la base de los datos por ellas aportados, se listaron 15 organismos ubicados vinculados al sistema de riego las Majaguas que podrían contar con información agrícola de importancia para la zona. Se descartaron Alcaldías, Instituto Nacional de Tierras y Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, entre otras instituciones, que no disponían de información agrícola relevante. No se consideraron las Universidades a pesar de que existe una Aldea Universitaria y una escuela técnica agropecuaria en la zona porque no fueron reportadas como fuente de información.

Para la recolección de la información se consideraron las fuentes primarias y secundarias, se diseñó un cuestionario mixto con preguntas abiertas y cerradas, aplicado a las diferentes

organizaciones. Con respecto a la fuente primaria se utilizó la técnica observación directa participante. Las encuestas fueron aplicadas en el año 2010.

Los cuestionarios fueron procesados realizando la descripción de cada una de las organizaciones interrogadas. Para el análisis de los resultados se tomó el enfoque metodológico ampliado. Se realizó la interpretación de cada una de las preguntas que conformaron el instrumento de recolección de datos, mediante el paradigma cuantitativo se analizaron cada una de las preguntas abiertas y las preguntas cerradas se tabularon y se representaron en forma porcentual y gráfica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las bases de datos agrícolas constituyen una

herramienta de importancia para los individuos, organizaciones o sectores, quienes deben disponer de conocimientos necesarios para tomar decisiones productivas. En la Tabla 1 se presentan de forma sinóptica las principales bases de datos que se han propuesto en Venezuela en las últimas décadas.

A continuación se presentan algunas formas de presentación de datos y difusión de información agrícola generada por el MPPAT:

- Censo agrícola: es la información tomada de toda la población agrícola, de la cual se extrae información agropecuaria, tales como, datos generales de la explotación y del productor, cantidad de instalaciones agropecuarias, aprovechamiento de la tierra, cultivos anuales, permanentes y semipermanentes, número de cabezas de ganado vacuno, ovino, caprino, porcino y

Tabla 1. Tipos de información generados por sistemas o bases de datos de instituciones del sector agrícola en Venezuela.

Instituciones u organizaciones	Objetivos	Tipo de información
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras	Fortalecer los sistemas específicos de información y divulgación que impulsen a los agentes involucrados a tomar decisiones que propendan a garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable.	Estadísticas agrícolas relacionadas con la superficie, producción, rendimientos y valor de la producción de los diferentes rubros agrícolas.
Fundación para la Investigación Agrícola - DANAC	Mejorar las capacidades tecnológicas de sistemas de interés agroalimentario.	Relativa a actividades de investigación, transferencia de tecnología, formación, capacitación, información y documentación.
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas - INIA	Contribuir al desarrollo sostenible y competitivo del sector agrícola, pecuario, forestal, pesquero y del medio rural.	Investigación científica, desarrollo tecnológico, asesoramiento y servicios especializados. Datos meteorológicos.
Sistema de Información Agrícola Nacional - SIAN	Impulsar la eficiencia de los procesos de captación y distribución de la información de importancia agrícola.	Sistema virtual que caracteriza y vincula al conjunto de redes y productos, disponibles o por diseñar.
Sistema de Información de Mercados Agroalimentarios - SIGMA	Permitir obtener información agroalimentaria en el ámbito del territorio nacional.	Precios de mercado (libre oferta y demanda) y de la cadena de comercialización (productor, mayorista, minorista).
Sistema de Información para Empresas Rurales - SIPER	Cooperar y apoyar a emprendedores rurales y organizaciones de desarrollo rural.	Información para empresas.
Sistema de Información Regional Agrícola Táchira - SIRA	Usar eficientemente la información en los procesos de planificación y toma de decisiones.	Es una plataforma informativa regional para el sector agrícola.
Sistema de Información y Documentación Agrícola de Venezuela - SIDVEN	Informar sobre los datos bibliográficos.	Contiene base de datos bibliográficos, libros y centros de documentación.
Asociación para la Innovación Tecnológica -INNOVA	Generar sinergias con empresas e instituciones relacionadas realizando asociaciones y consorcios para el desarrollo de los proyectos.	Información sobre la economía, la dinámica social y el sector agroalimentario de Venezuela.
Fundación para el desarrollo de la Región Centro Occidental FUDECO (actual Corporación Jacinto Lara)	Promover del desarrollo de la Región Centro Occidental.	Mapas, investigaciones, estadísticas regionales.
FEDEAGRO (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios)	Proponer soluciones y trazar estrategias para alcanzar el desarrollo del sector agrícola nacional.	Estadísticas agrícolas generadas por distintas fuentes de información vía web.

Fuente: www.iica.int.ve y visita a las instituciones.

aves de corral, así como otros productos de origen animal y vegetal. Están tabulados generalmente a nivel de entidad federal, con una representación cartográfica de los principales sectores agrícolas productivos del país. En el año 2008 se realizó el último censo agrícola.

- Memoria y Cuenta del MPPAT: contiene información de corte agropecuario y agroindustrial, algunos registros estadísticos socio-económicos, como superficie, rendimiento y producción para cada uno de los rubros, matrícula y profesorado por escuelas prácticas de agricultura, financiamientos crediticios por entidad federal y sistemas de riego. La información estadística ha disminuido en el tiempo.
- Anuario Estadístico Agropecuario: es una publicación donde se compilaba la estadística de cualidad agropecuaria bajo la autoría institucional del Ministerio de Agricultura y Cría (MAC).

Tipos de información agrícola que manejan las organizaciones vinculadas al sistema de riego Las Majaguas del estado Portuguesa.

A continuación se muestran de manera detallada las respuestas obtenidas en las organizaciones a través del cuestionario mixto aplicado. Con relación a la existencia o no de base de datos agrícolas, 90% reconoce que las organizaciones cuentan con información agrícola o datos estadísticos agrícolas, mientras que 10% respondió negativamente. Es necesario destacar que poseer información no implica el desarrollo de un sistema o base de datos estadística, pero la información generada puede ser utilizada para conformar ese sistema.

En la Tabla 2 se muestra información de organizaciones vinculadas al sistema de riego Las Majaguas, la cual generó clasificación con el fin de desglosar tipo de información.

En la zona, el productor suministra información agrícola al solicitar el riego según la temporada de apertura de canales (ciclo Norte-Verano), que antes de 2009 - 2010 era recabada por el MPPAT y a partir del 2010 por el INDER. En tal sentido, la información de producción

vegetal, superficie sembrada y cosechada, y producción animal entre otras, es obtenida de fuente primaria; mientras que la información de costos de producción se obtiene de estimaciones del MPPAT. Igualmente, la presencia de FONDAS en la zona propicia la generación de información a través del crédito. Asimismo, la existencia de organizaciones conformadas por los productores como la REPLA y los Concejos Comunales estimuló la necesidad de generar y buscar información para el logro de sus objetivos.

Cabe destacar que cada una de las organizaciones maneja información con base en sus necesidades, objetivos e intereses; si FONDAS o INIA por ejemplo, generan información de precios de productos agrícolas, se refiere a precios obtenidos por los productores que atienden dentro de su política institucional. El INDER y el INIA entran en la clasificación de financiamiento agrícola, INDER financia el riego de los productores de la zona y el INIA financia a productores individuales para la producción de semillas certificadas.

En la Figura 1 se muestra el tipo de información generada por las organizaciones vinculadas al sistema de riego Las Majaguas.

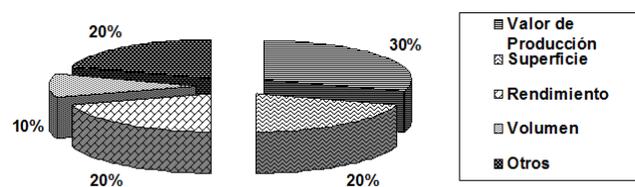


Figura 1. Tipos de información agrícola generada en las organizaciones encuestadas.

De acuerdo con la Figura 1, en las organizaciones se genera información de la actividad agrícola sobre valor de producción en bolívares en 30%, superficie sembrada en hectáreas y rendimiento de los cultivos en 20%, en volumen de la producción en kilogramos 10%, otros 20%. En la pregunta del cuestionario relacionada con otras informaciones se destacan los costos de producción de los diferentes rubros y financiamiento. Se evidencia que la información está disponible en las organizaciones, se debe enfatizar en la difusión con el propósito de

umentar el conocimiento de las organizaciones conjunto, para generar información más completa, actualizada y verificable, y contribuir a la toma de decisiones apropiadas.

El 73% de las organizaciones consideran que poseen una estructura organizativa adecuada para analizar la información, mientras que 27% señala que no poseen. Las organizaciones en estudio presentan una estructura que podría ofrecer información agropecuaria con eficiencia, rapidez y veracidad; por lo que es necesario que se informe sobre tipo y cantidad de instalaciones agropecuarias, aprovechamiento de la tierra, rendimiento de los rubros agrícolas, volumen de producción, financiamiento y costos de

producción.

El 90% de los encuestados manifestaron que buscan y actualizan información, mientras 10% respondió negativamente. De las organizaciones encuestadas, 67% señaló que no poseen técnicas para que la información sea comprensible y oriente al usuario, mientras que 33% señaló que poseen estas técnicas. El 67% de los entrevistados señaló que no existe escasez de recursos humanos y económicos para buscar información, mientras que 33% señaló que presentan carencia de estos. Los resultados permiten inferir la posibilidad de manejar adecuadamente información por cuanto el personal adscrito a estas instituciones posee conocimientos sobre el sistema y además los

Tabla 2. Información generada por entrevista efectuada en organizaciones vinculadas al sistema de riego Las Majaguas del estado Portuguesa

ORGANIZACIONES PÚBLICAS	MPPAT (Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras), registra información de productores, organizaciones agrícolas o instituciones vinculadas, de datos productivos y socioeconómicos. Es disponible a todo usuario. Los medios de difusión se manejan a través de un censo agrícola y estadísticas disponibles de la zona.
	INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas): informa sobre diagnósticos fito y zoo sanitarios, analiza materias primas, alimentos concentrados para animales, certificación de semillas, entre otros. Es disponible para productores, agrotécnicos y público. La difunde y divulga, a través de los medios impresos y electrónicos.
	INSAI (Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral): genera información sobre la salud de cultivos y animales proveniente de productores registrados en el instituto. La información debe ser solicitada por los canales regulares. Los medios de difusión son periódicos nacionales, periódicos locales, página web o contacto con las comunidades, las estadísticas de la institución no son mostradas en estos medios.
	FONDAS (Fondo para el Desarrollo Agrario Socialista): información de financiamientos otorgados a productores individuales y concejos comunales. Brinda información con su propia base de datos interna y cuenta con la página web, a los beneficiarios les hace llegar la información personalmente.
	INDER (Instituto Nacional de Desarrollo Rural): genera datos de productores y sus parcelas, rubros producidos, además del control de riego. La información es disponible y se encuentra en un sistema de información. Su difusión es directa con las comunidades por medio de visitas a los productores y reuniones técnicas.
	AGROPATRIA: informa sobre los insumos existentes a ser distribuidos a los productores financiados por las instituciones tanto públicas como privadas. Esta información se encuentra en un sistema accesible solo a los empleados. Posee boletines informativos, no cuentan con página web.
	FUNDESPORT (Fundación del Desarrollo de la Economía Social del Estado Portuguesa): La información contiene datos generales del productor hasta siembra y producción final, además de datos de financiamiento. Es disponible cuando los usuarios la soliciten por canales regulares. La difusión es por página web, pero no presenta estadísticas recabadas por la institución.
	Asociación Civil Lácteos Las Majaguas: genera registros de litros de leche llevados por los productores, y se realizan los análisis de mastitis, acidez, densidad y reductosa de la leche. No se difunde.
	Central Azucarero Santa Elena: genera información sobre producción de caña de azúcar, desde siembra hasta la cosecha y contiene los datos de las fincas administradas. Es disponible siempre y cuando la soliciten por vías regulares. La organización no cuenta con página web.
	ORGANIZACIONES COMUNALES
REPLA (Red de Productores Libres y Asociados "Los Bolivarianos"): contiene información general del productor, plano de la parcela y financiamiento, la información obtenida se almacena en los programas Word o Excel.	
ORGANIZACIONES PRIVADAS	ASOPORTUGUESA (Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa): genera información de los productores que tienen financiamiento, contiene desde datos generales del productor hasta la siembra y cosecha del cultivo. La información es interna.
	ANCA (Asociación Nacional de Cultivadores de Algodón): contiene datos tanto de beneficiarios como de producción para su control en la parte de créditos. La información es interna.
	ASOPRUAT (Asociación de Productores Rurales de Turén): genera información con base a financiamiento agrícola de los productores asociados y de los rubros financiados, es de uso interno, no está disponible para cualquier usuario.
	LAS PLUMAS: Dispone de información de estadísticas de sus accionistas o clientes, es de uso interno, no está disponible a cualquier usuario.

recursos económicos no son limitantes para la búsqueda de información.

Para evidenciar quién proporciona información a las organizaciones vinculadas al sistema de riego las Majaguas, en la Figura 2 se muestran las fuentes de recolección de información.

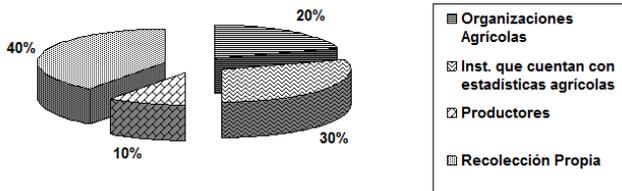


Figura 2. Fuentes de información de los organismos entrevistados en el sistema de riego Las Majaguas.

La fuente más utilizada es la recolección propia, 40% de las organizaciones, se infiere que no requieren de información externa para desarrollar sus funciones, en cambio 10% recaba información de los productores y 20% de organizaciones. El 30% restante se apoya en instituciones que cuentan con estadísticas agrícolas.

En cuanto a la difusión de la información, en la Figura 3 se observa el flujo de información que se genera de una organización pública a otra, a partir del MPPAT como ente rector de la política agrícola.

De las organizaciones entrevistadas, 73% tuvieron disponible la información para otras instituciones, mientras que 27% restante manifestó que no la tenía. Este último grupo está conformado por las instituciones privadas que las utilizan para consumo interno; mientras que en las públicas está disponible, pero se presentan problemas de difusión. Estos resultados evidencian que existe información en las instituciones, de allí la necesidad de trabajo en conjunto para que exista el flujo de información y lograr que todas tengan disponibilidad de estadísticas actualizadas.

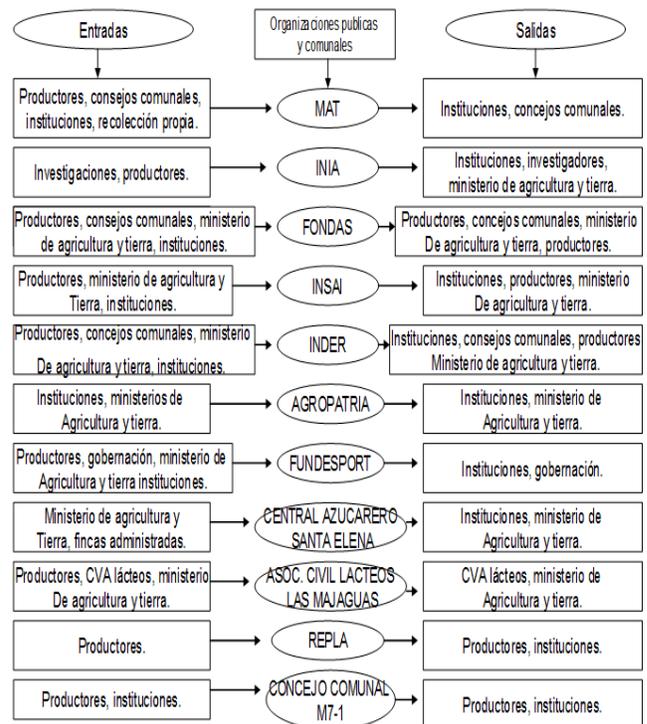


Figura 3. Entradas y salidas de información en las organizaciones vinculadas al sistema de riego las Majaguas.

Todas las organizaciones señalaron que no conocen el número de usuarios que pueden satisfacerse con la información, esto refleja el poco interés en los posibles demandantes de la información, la falta de vinculación entre instituciones y de estas con los usuarios.

Mecanismos de difusión que utilizan las organizaciones vinculadas al sistema de riego Las Majaguas.

El 100% de las organizaciones no disponen de información vía web. Los datos demuestran poco procesamiento en las diferentes organizaciones del sistema de riego, la cual limita el desarrollo integral de los agricultores y de otros usuarios. Con relación a la existencia de medios para difundir la información, 73% informó que no utilizan medios impresos para difundir la información, mientras el resto 27% respondió afirmativamente.

En cuanto a las organizaciones que utilizan medios impresos, se observa en la siguiente figura las formas de publicación.

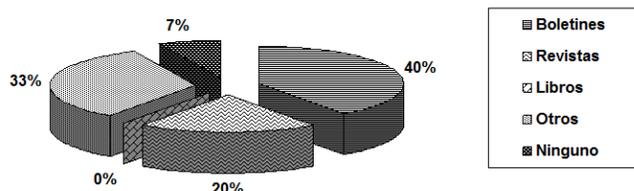


Figura 4. Medios impresos utilizados por las organizaciones que afirmaron tenerlos.

Los medios impresos son generales basados en boletines y revistas. En 53% de las instituciones se manifestó que no visitan a las organizaciones agrícolas para difundir la información, mientras que 47% restante efectúa visitas a otras para difundir su información. El 73% de los encuestados señalaron que no elaboran mapas, mientras que 27% de las respuestas fueron afirmativas, consideran que no tuvieron experiencia en la utilización de mapas como difusión de información, algunos de ellos están disponibles pero no se difunden. Los datos demuestran que las instituciones en estudio no poseen mapas que ayuden a obtener información sobre este sistema de riego. En consecuencia, muchos usuarios utilizan fuentes alternativas como bases de datos nacionales para obtener información.

CONCLUSIONES

Los tipos de información generadas en 90% de las organizaciones entrevistadas dependen de su naturaleza (pública, privada o comunal) y está determinada por el interés de su uso interno, producen algunas estadísticas básicas (valor de la producción, superficie o rendimiento), pero no se utilizan para generar indicadores de desarrollo, por tanto no pueden ser consideradas como bases de datos (por no ser completas) o sistemas de información (por no estar interconectada).

Las organizaciones mostraron deficiencia en cuanto al manejo de información en el sistema de riego Las Majaguas, se evidenció carencia a nivel de tecnología y de recursos. Los medios de difusión fueron escasos, esto podría afectar una toma de decisiones acertada. En este sentido, la divulgación de información no estuvo basada en los objetivos de identificar, organizar y facilitar la información institucional pública y privada de los

sectores agrícolas relacionados con el sistema de riego.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el establecimiento de políticas y procedimientos para implementar sistemas que difundan los tipos y mecanismos más apropiados para cumplir con los objetivos planteados en las instituciones.

Para superar la escasez de información se recomienda:

- Impulsar una plataforma nacional de información para el sector agrícola, a través del uso de herramientas telemáticas con el objeto de propiciar un cambio sustancial en la racionalidad y eficiencia en el uso de la información.
- Crear una red de información, para facilitar su flujo entre las diversas organizaciones agrícolas presentes en el sistema de riego Las Majaguas; con unidades interconectadas, interrelacionadas e interdependientes y, por lo tanto, complementarias entre sí, con vinculación de acciones bidireccionales, recíprocas y ramificadas, con base en convenios colaboración e integración, con el fin de compilar los recursos documentales, y transferir armónica y complementariamente la información en correspondencia con las necesidades concretas de todos sus usuarios.

Adicionalmente, se requiere mejorar el flujo de información, con el uso de Internet, como la página web basada en la red, que apoye el trabajo y garantice conocimientos sobre las diversas herramientas y servicios que ofrece la tecnología.

REFERENCIAS

- Abarca, O. y Bernabé, M. 2008. Viabilidad de la implantación de una infraestructura de datos espaciales (IDE) para la gestión pública y participativa de las tierras en Venezuela. *Revista GeoFocus* 8:61-93.
- Clavijo, S. 2005. Sistema de información agrícola nacional. Una propuesta. (Documento en línea). Disponible: <http://www.sian.info>.

ve/informacion/clavijo.htm. [diciembre de 2008].

Hernández, J. 2009. Evolución y resultados del sector agroalimentario en la V República. Cuadernos CENDES 26 (72):67-100.

Miranda, M. 2004. El Nuevo Enfoque: Manejo Integrado del Riesgo Agropecuario. Disponible:
http://www.agrobit.com/Documentos/K_Seguros/K_797_el%20nuevo%20enfoque3.htm. [junio de 2010].

Montero, F. 2008. Sistema de Información Agrícola Nacional (SIAN), Sistema estratégico de estadística e información agrícola. Material Mimeografiado. Venezuela.

OLMECA, 2009. Olmedo Ingeniería C.A. Estudio para la consolidación del sistema de riego Majaguas, San Rafael de Onoto, estado Portuguesa. Proyecto elaborado para el INDER. 681 p.

Rojas, A. 2001. "Sistemas de información para el manejo, control y diagnóstico de plagas insectiles de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado Portuguesa" Trabajo para optar por el título de Ing. Agrónomo. UCLA. Venezuela. 78 p.

BLOQUES DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE DIFERENTES MATERIALES PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL SUELO*

Electrical resistance's blocks of different materials to detect soil moisture

Dayana Peña¹, José Ortiz¹, Héctor Miranda¹ y Douglas Peroza¹

RESUMEN

Existen muchos métodos desarrollados para el monitoreo de la humedad en el suelo con fines de programación del riego, entre estos se encuentra el sensor de matriz granular Watermark®, equipo poco accesible para los productores venezolanos, ya que es importado y de elevado costo. Por ello surge la necesidad de desarrollar un equipo de medición de la humedad en el suelo que sea efectivo y de bajo costo. El objetivo de este estudio fue comparar bloques de resistencia eléctrica elaborados con distintas proporciones de yeso-arena y yeso-sílice, con el sensor Watermark®. La investigación se llevó a cabo en el Decanato de Agronomía de la Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado". Las variables evaluadas fueron la tensión y la resistencia eléctrica del agua en el suelo, esta última medida con dos aparatos (Ohmímetro y Puente de Wheatstone) a diferentes niveles de humedad. En cuanto a la tensión, los tratamientos T1 (100% yeso) y T3 (80% yeso + 20% arena), fueron similares al Watermark®. Para la resistencia eléctrica con el uso del Ohmímetro, todos los tratamientos pueden sustituir al Watermark®, y en lo que respecta a la resistencia eléctrica medida con el Puente de Wheatstone, T1 y T4 (70% yeso + 30% arena) se comportaron igual que el Watermark®. Las curvas de calibración obtenidas resultaron apropiadas ($P < 0,05$; $R^2 > 0,60$) para la determinación de la humedad del suelo en función de la tensión y la resistencia eléctrica, medidas con los bloques de resistencia eléctrica para el suelo bajo estudio.

Palabras clave: Watermark®, tensión del agua en el suelo, curvas de calibración.

ABSTRACT

There are many methods developed for soil moisture monitoring for irrigation programming. The Watermark® matrix granular sensor is one among them. These devices are scarcely accessible to the Venezuelan's producers, as they are imported and expensive. Therefore, there arises the necessity to develop an effective and low-cost soil moisture measurement device. The objective of this study was to compare electrical resistance blocks made off with different proportions of gypsum-sand and gypsum-silica against the Watermark® sensor. The research was carried out in Agronomy School from the Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado". The variables under evaluation were the soil water tension and electrical resistivity, the last one being measured with two devices (Ohmmeter and the Wheatstone bridge) in relationship to different moisture levels. With regard to the tension, the T1 treatments (100% gypsum) and T3 (80% gypsum + 20% sand), were similar to the Watermark®. With regard to the electrical resistance by using the Ohmmeter, all treatments can replace the Watermark®. Regarding measuring the electrical resistance with the Wheatstone bridge, the T1 and T4 treatments (70% gypsum + 30% sand) behaved like the Watermark®. The calibration curves obtained were appropriate ($P < 0.05$, $R^2 > 0.60$) for determining the soil moisture of the soil under study as a function the soil water tension and electrical resistance with the blocks of electrical resistance.

Key words: Watermark®, Soil water tension, calibration curves.

(*) Recibido: 17-06-2012

Aceptado: 20-05-2013

¹ Decanato de Agronomía, Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado" UCLA. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. E-mail: jortiz@ucla.edu.ve, hmiranda@ucla.edu.ve.

INTRODUCCIÓN

Cuando se produce un aumento creciente de la demanda de agua por los sectores agrícola e industrial y por el crecimiento demográfico, es necesario condicionar la demanda a la disponibilidad, para no afectar el desarrollo socio económico de una región (Vita *et al.* 2006). En el sector agrícola es fundamental realizar el diseño agronómico del riego para efectuar su buen manejo, ello consiste en determinar las cantidades adecuadas de agua y el momento oportuno para su aplicación (Gordillo 2006). Un mal diseño agronómico del riego trae como consecuencias incremento en los costos y una disminución de la calidad y cantidad del producto cosechado (Brito 2007). Así la medición y control del contenido hídrico y de nutrientes en el suelo son requerimientos necesarios para optimizar la gestión y el uso del recurso hídrico.

La fuerza con que el agua es retenida por la matriz del suelo depende de su contenido de humedad; mientras más seco se encuentra el suelo, mayor será la fuerza de retención, al igual que el trabajo que se debe ejercer para extraerla (Montenegro y Malagón 1990). Este trabajo o energía, que se opone al movimiento del agua, se llama potencial total del agua del suelo, el cual es la suma de todos los potenciales parciales, originados por el efecto de las interacciones del agua con diferentes partículas del suelo o por la posición en que se encuentra.

La determinación del contenido de agua en el suelo es un dato indispensable para el cálculo de los aportes de riego, mientras que la medición de los estados energéticos (medida de los diversos componentes del potencial) es imprescindible si se desea conocer su disponibilidad para las plantas. La cantidad de agua presente en un suelo y el potencial del agua, están indudablemente relacionados, pero no existe una única función conocida que relacione ambos valores, las curvas son variables según el tipo y condiciones del suelo, temperatura y antecedentes de humedecimiento o desecación (Villar *et al.* 2005). Por esto y debido a la gran importancia que el contenido de agua de los suelos y el estado energético de la misma, tiene

sobre el crecimiento de los vegetales, así como sobre las propiedades físicas y químicas de aquellos, muchos métodos se han desarrollado para la medición de uno u otro parámetro (Artigao y Guardado 1993).

Entre los métodos que miden el potencial de agua se encuentran los bloques de resistencia, basados en la propiedad que presenta el agua de conducir la corriente eléctrica; así se ha demostrado que la conductividad eléctrica del suelo es función de su contenido de humedad (Montenegro y Malagón 1990). Durante la década de los 90 surgió un nuevo sensor, basado en el mismo principio que los bloques de yeso, denominados sensores de matriz granular, conocidos comercialmente como Watermark®.

Estos sensores miden la resistencia eléctrica a una corriente que fluye entre dos electrodos inmersos en un material como la arena fina rodeada por un material poroso sintético, deben mantener un buen contacto con el suelo para su correcto funcionamiento (Villar *et al.* 2005). Las lecturas de resistencia eléctrica entre los dos electrodos son convertidas en potencial de agua en el suelo, a través de una ecuación de calibración que trae internamente el equipo de medición (Lopes *et al.* 2003). Thompson *et al.* (2006) evaluaron el uso del sensor Watermark® en cultivos bajo riego por goteo, concluyeron que puede proporcionar una indicación exacta del potencial matricial del suelo, siempre y cuando se obtenga y verifique una ecuación de calibración adecuada para las condiciones específicas del cultivo, y se consideren las características de funcionamiento del sensor.

Los Watermark® son útiles para medir un amplio rango de tensiones matriciales (0 hasta 199 kPa), dentro de las que se encuentran las tensiones críticas de los suelos, para una gran variedad de cultivos, lo cual refleja su utilidad para una correcta y oportuna aplicación de riego, en los periodos críticos de las plantas cuando las necesidades de agua son más acuciantes (Fuentes 1996). Los sensores Watermark® son útiles para determinar cuándo y cuánto regar, siempre que se realice una adecuada calibración; sin embargo, estos instrumentos no son muy usados por nuestros

productores, a causa de su poca accesibilidad, debido al alto costo en el país.

El objetivo fue realizar un estudio comparativo de bloques de resistencia para determinar el contenido hídrico, contruidos con diferentes materiales, con la intención de ofrecer a los agricultores una alternativa accesible, económica, precisa y útil para planificar el riego de cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” ubicado en Cabudare, estado Lara. Los tratamientos fueron bloques de resistencia elaborados en diferentes proporciones de yeso-arena y yeso-sílice, en total se establecieron 8 tratamientos, incluyendo al testigo (Watermark®), con cuatro repeticiones cada uno (Tabla 1).

Se pesaron los materiales a utilizar en las proporciones establecidas y se elaboraron dos electrodos que se colocaron inmersos dentro de cada bloque, para lo cual se utilizó alambre de cerca eléctrica, que se cortaron en longitudes de aproximadamente 5 cm, luego se unieron a cables finos. Para que los electrodos no hicieran contacto entre ellos, se colocó un separador de plástico no conductor de electricidad.

Se fabricaron moldes con tubos de PVC de ½ y ¾”, con el mismo ancho y longitud del Watermark® (Irrometer Corp., Riverside, CA, USA), se introdujeron los electrodos y se fue agregando la mezcla a la que previamente se le adicionó agua destilada, y se removió hasta lograr una consistencia líquida con apariencia de una

suspensión que se llama barbotina en el argot del ceramista. Posteriormente se dejaron secar durante 15 min, luego se sacaron los bloques de los moldes y se separaron las dos partes que lo conformaban. Cuando estaban totalmente secos, se unieron por el cuello a tubos de PVC de ¾” de diámetro y 25 cm de largo, usando pega de PVC, lo cual facilitó la instalación de los sensores, y contribuyó a una menor alteración del suelo. En el extremo superior se colocó tapa a los tubos para evitar que el agua de lluvia o de riego entrara y alterara lectura.

El estudio se realizó en macetas (cuñetes plásticos de 20 litros de capacidad) llenas con un suelo que tenía 49% de arena, 30% de limo, 21 % de arcilla y 2,8% de materia orgánica, en ellas se estableció un cultivo de crecimiento rápido como la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), ya que para los fines de la investigación se necesitaba que hubiese extracción de agua del suelo, para así obtener diferentes contenidos de humedad, los cuales se corresponden con distintas medidas de tensión y resistencia eléctrica para los diferentes tratamientos. En el suelo presente en cada maceta se abrieron ocho orificios a 20 cm de profundidad, uno por tratamiento, para lo cual se utilizó un barreno de diámetro semejante al de los bloques, luego se elaboró una pasta con el mismo suelo extraído y agua que se colocó en el fondo de cada orificio para obtener buen contacto entre el bloque y el suelo, se introdujeron los bloques, previamente saturados, se agregó suelo y se compactó suavemente para evitar que quedaran bolsas de aire. Seguidamente se sembraron las semillas de caraota, y se regó para garantizar la germinación.

Las mediciones se realizaron dos veces por semana durante dos ciclos del cultivo. Para la tensión se dispuso de un medidor digital portátil Modelo 30 KTCD-NL (Irrometer Corp., Riverside,

Tabla 1. Proporciones de los materiales usados en la fabricación de bloques de resistencia.

Bloques	Proporciones (%)	Tratamiento
Watermark®	---	T0
Yeso	100% Yeso	T1
Yeso + Arena	90% Yeso + 10% Arena	T2
Yeso + Arena	80% Yeso + 20% Arena	T3
Yeso + Arena	70% Yeso + 30% Arena	T4
Yeso + Sílice	90% Yeso + 10% Sílice	T5
Yeso + Sílice	80% Yeso + 20% Sílice	T6
Yeso + Sílice	70% Yeso + 30% Sílice	T7

CA, USA), el cual se conecta con los cables inmersos en los bloques a través de un par de pinzas tipo caimán para obtener las lecturas, este aparato posee un rango de lecturas entre 0 y 199 kPa. Para la determinación de la resistencia eléctrica se usaron dos medidores: un Ohmímetro, este posee tres escalas de lecturas, se empieza leyendo de la más pequeña a la mayor, si se sale del rango una lectura se pasa a la siguiente escala, hasta que se obtenga una medida, puede medir entre 0 y 10000000 ohm; el otro medidor fue el Puente de Wheatstone, este presenta un rango de lecturas de 0 a 10000 ohm.

La determinación del contenido de humedad del suelo se efectuó pesando los cuñetes en cada medición (peso húmedo), para lo cual se usó una balanza digital modelo MSI-3360 Challenger 2, cuya precisión es $\pm 0,1$ % de la carga aplicada. Al final del ensayo se determinó el peso de suelo seco para cada repetición, con el uso de muestras de suelo no alteradas, la cual se relacionó con el volumen total de suelo. También al final del ensayo, para determinar el peso húmedo en cada medición, se restó a cada peso total, el peso del cuñete, y de los bloques de resistencia. Con valores de peso húmedo y peso seco se obtuvo porcentaje de humedad en cada medición correspondiente a las lecturas de tensión y resistencia.

Para el análisis de los datos se usó el programa estadístico Statgraphics 5.1 (Statistical Graphics Corp., Englewood Cliffs, USA). Se procedió a realizar el análisis de regresión, para esto se buscó el modelo que más se ajustara, y se descartaron datos salidos del rango de lectura de los aparatos. Se tomó en cuenta la significancia del modelo, de los parámetros, el coeficiente de determinación y el error estándar de la estimación para establecer la adecuación del modelo. De los resultados de la regresión, se descartaron aquellos tratamientos en los que se obtuvo una o ninguna ecuación de regresión. Las variables que se sometieron al análisis de varianza fueron los parámetros de las ecuaciones de regresión; es decir, el intercepto (a), y la pendiente (b), para determinar si hubo diferencias para cada variable. Cuando se encontró diferencia significativa se realizó prueba de medias de Tukey para establecer grupos homogéneos.

Para determinar las curvas de calibración humedad vs tensión, y humedad vs resistencia eléctrica para el suelo estudiado, se sometieron los datos de todas las repeticiones por tratamiento, a un análisis de regresión usando los mismos modelos utilizados en el primer caso. La utilidad de estas curvas está en la determinación de la humedad del suelo en función de la tensión o resistencia eléctrica medida usando los bloques de resistencia elaborados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelos de regresión

Para relacionar el contenido de humedad en función de la tensión del agua en el suelo, los valores se ajustaron al modelo Raíz cuadrada de X (variable independiente, Ec. 1).

$$\theta = a - b\sqrt{T}$$

Donde:

θ = % de humedad gravimétrica.

a y b = Parámetros del modelo.

T = Tensión.

Los valores de resistencia eléctrica obtenidos con los dos aparatos usados, se ajustaron al modelo Multiplicativo (Potencial, Ec. 2).

$$\theta = a * R^{-b}$$

Donde:

R = Resistencia eléctrica.

θ , a y b = tienen el mismo significado anterior.

Al realizar la diagnosis de los modelos, mediante el análisis de los residuos, cumplieron con las hipótesis de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de los errores.

Análisis de varianza para los parámetros de los modelos

En cuanto a la tensión, los tratamientos en los cuales se obtuvo una o ninguna ecuación de regresión fueron T6 (80% Yeso + 20% Sílice) y

T7 (70% Yeso + 30% Sílice), lo que podría deberse a errores en la construcción de los bloques de resistencia o en las mediciones; esto también ocurrió en el caso de la resistencia eléctrica medida con el Puente de Wheatstone, en la cual los tratamientos que generaron dos o más ecuaciones de regresión con significancia del modelo, además del tratamiento testigo (Watermark®), fueron T1 y T4. Para la resistencia eléctrica medida con el ohmímetro, se lograron obtener suficientes ecuaciones de regresión con significancia del modelo ($P < 0,05$; $P < 0,01$ y $P < 0,001$) en cada tratamiento para realizar el análisis de varianza a los parámetros de los modelos.

Pruebas de Medias

Con base en el parámetro “a” de la tensión, en el análisis de varianza no se detectaron diferencias ($P > 0,05$), para el parámetro “b” hubo diferencias ($P < 0,05$), como puede observarse en la Tabla 2.

Para el parámetro “a”, los tratamientos no presentaron diferencias significativas, se infiere que cualquiera de los tratamientos puede sustituir al Watermark® en la medición de la tensión del suelo. De la prueba de medias realizada al parámetro “b”, se establece que los tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento testigo fueron T1 (100% Yeso) y T3 (80 % de Yeso + 20 % de Arena), se deduce que estos bloques de resistencia pueden sustituir al sensor Watermark® para la determinación de la tensión del suelo, como medida indirecta de su contenido de humedad, resultado que es muy importante, ya que este equipo es de difícil adquisición, por no fabricarse en el país, y su costo es elevado en comparación con los bloques que se construyeron para la realización de este trabajo.

Por su parte, los parámetros “a” y “b”, de la resistencia eléctrica obtenida con los dos aparatos usados no mostraron diferencias ($P > 0,05$) entre tratamientos. Por lo anterior puede establecerse que para la medición de la resistencia eléctrica con el ohmímetro, todos los bloques de resistencia elaborados pueden sustituir al Watermark®. En cuanto a la resistencia eléctrica medida con el Puente de Wheatstone, T1 (100% de Yeso) y T4

(70% Yeso + 30% Arena) se comportaron de forma similar al testigo.

Curvas de Calibración

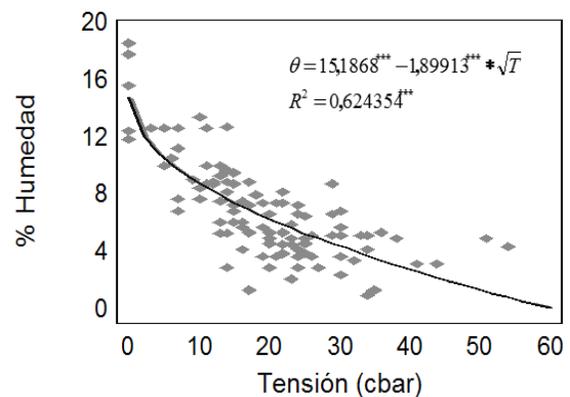
a) Humedad vs Tensión

Para obtener estas curvas de calibración, se utilizó el modelo usado para las regresiones anteriores, en este caso el raíz cuadrada de X (variable independiente).

Para los tres tratamientos que no presentaron diferencias estadísticas entre ellos (T0, T1 y T3), las ecuaciones de calibración, coeficientes de determinación y de correlación, y los valores de error estándar obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Se obtuvieron en los tres casos ecuaciones de calibración similares en cuanto a los parámetros “a” y “b” ($P < 0,001$ y $P < 0,01$), valores significativos del modelo que demuestran que en un alto grado la variabilidad de la humedad puede ser explicada por la tensión; además, alto coeficiente de correlación para cada tratamiento, indica una relación de moderada a fuerte entre las variables. Los valores de error estándar también fueron bajos, se deduce alta confiabilidad de las ecuaciones obtenidas.

En la Figura 1 se muestra la curva de calibración Humedad vs Tensión resultante para el tratamiento testigo (Watermark®).



θ = % de Humedad; T = Tensión; R^2 = Coeficiente de determinación *** = $P < 0,001$

Figura 1. Curva de calibración Humedad vs Tensión del Watermark® (tratamiento testigo).

Tabla 2. Valores promedio de los parámetros “a” y “b” de la ecuación $\theta = a - b\sqrt{T}$

Tratamiento	Media Parámetro “a”	Media Parámetro “b”
T0	15,35 a	-1,95 a
T1	14,39 a	-1,15 abc
T2	16,50 a	-0,85 bc
T3	15,53 a	-1,63 ab
T4	14,52 a	-0,46 c
T5	13,996 a	-0,88 bc
P	0,4875	0,0134

Medias con similar letra dentro de la misma columna indican que no hay diferencias (P> 0,05).

Tabla 3. Ecuaciones de calibración de % de Humedad en función de la tensión.

Tratamiento	Ecuación	R ²	r	ES
T0 (Watermark®)	$\theta = 15,1868^{***} - 1,89913^{***} * \sqrt{T}$	0,624354***	-0,790161	2,07478
T1 (100 % Yeso)	$\theta = 10,7206^{***} - 0,693084^{***} * \sqrt{T}$	0,606749***	-0,778941	1,24798
T3 (80 % Yeso + 20% Arena)	$\theta = 11,999^{***} - 0,840752^{**} * \sqrt{T}$	0,536809**	-0,732672	2,10029

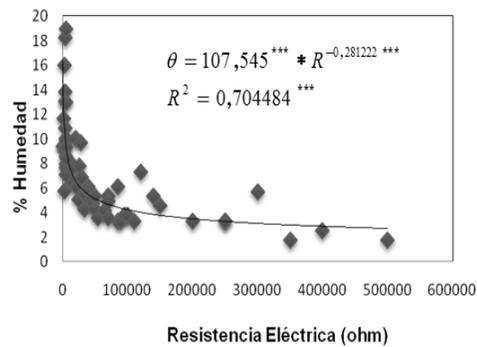
θ = % de Humedad; T = Tensión; R²= Coeficiente de determinación; r= Coeficiente de correlación; ES= Error estándar
Significancia: ***= P<0,001; **= P<0,01

b) Humedad vs Resistencia Eléctrica medida con el Ohmímetro

Se utilizó el modelo multiplicativo, y en este caso se determinó la ecuación de calibración para tratamiento testigo, T1 (100% Yeso) y T2 (90% Yeso + 10% Arena); las ecuaciones de calibración, coeficientes de determinación y de correlación y los valores de error estándar obtenidos se muestran en la Tabla 4.

Las ecuaciones de calibración resultantes fueron similares en cuanto a los parámetros “a” y “b”, con alta significancia (P<0,001), de igual forma se obtuvieron valores aceptables de coeficientes de determinación, esto demuestra que existe una buena adecuación del modelo de regresión, lo que también es explicado por los altos coeficientes de correlación, esto indica una relación fuerte entre las variables. Los valores de error estándar también fueron bajos, lo que indica que las ecuaciones obtenidas son confiables.

En la Figura 2 se muestra la curva de calibración Humedad vs Resistencia eléctrica resultante para T1 (100% Yeso).



θ = % de Humedad; R= Resistencia eléctrica; R²= Coeficiente de determinación ***= p < 0,001

Figura 2. Curva de calibración Humedad vs Resistencia eléctrica (Ohmímetro) del tratamiento 1.

c) Humedad vs Resistencia eléctrica medida con el Puente de Wheatstone

Se utilizó el modelo multiplicativo, y en este caso se determinaron las ecuaciones de calibración para tratamiento testigo, T1 (100% Yeso) y T4 (70% Yeso + 30% Arena), las ecuaciones de calibración de % de humedad en función de la resistencia eléctrica, coeficientes de determinación, coeficientes de correlación, y los valores de error estándar obtenidos se muestran en la Tabla 5.

Las ecuaciones de calibración fueron parecidas en cuanto a los parámetros “a” y

Tabla 4. Ecuaciones de calibración de % de Humedad en función de la resistencia eléctrica medida con el Ohmímetro.ç

Tratamiento	Ecuación	R ²	r	ES
T0 (Watermark®)	$\theta = 127,616^{***} * R^{-0,350804^{***}}$	0,599056***	-0,773987	0,335311
T1 (100 % Yeso)	$\theta = 107,545^{***} * R^{-0,281222^{***}}$	0,704484***	-0,839336	0,287752
T2 (90 % Yeso + 10% Arena)	$\theta = 236,446^{***} * R^{-0,336692^{***}}$	0,647484***	-0,804664	0,289029

θ = % de Humedad; R = Resistencia eléctrica; R^2 = Coeficiente de determinación; r = Coeficiente de correlación; ES= Error estándar. Significancia: ***= $P < 0,001$.

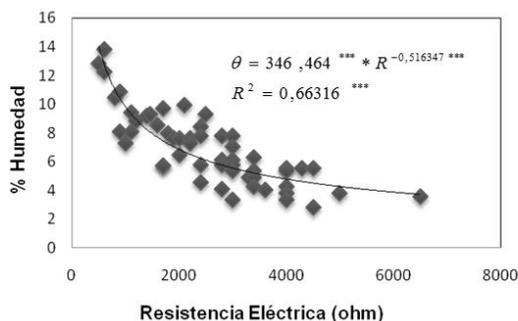
Tabla 5. Ecuaciones de calibración de % de Humedad en función de la resistencia eléctrica medida con el Puente de Wheatsatone.

Tratamiento	Ecuación	R ²	r	ES
T0 (Watermark®)	$\theta = 346,464^{***} * R^{-0,516347^{***}}$	0,66316***	-0,814346	0,21665
T1 (100 % Yeso)	$\theta = 307,216^{***} * R^{-0,495188^{***}}$	0,636283***	-0,797674	0,248508
T4 (70% Yeso + 30% Arena)	$\theta = 95,7831^{***} * R^{-0,314976^{**}}$	0,620108**	-0,78747	0,144414

θ = % de Humedad; R = Resistencia eléctrica; R^2 = Coeficiente de determinación; r = Coeficiente de correlación; ES= Error estándar. Significancia: ***= $P < 0,001$; **= $P < 0,01$.

“b” ($P < 0,001$ y $P < 0,01$), de igual manera se obtuvieron elevados coeficientes de determinación, los cuales demuestran que el modelo explica en alto grado la variabilidad de la humedad, así como también altos coeficientes de correlación para cada tratamiento, que indica una relación fuerte entre las variables. Los valores de error estándar también fueron bajos, lo que implica una alta confiabilidad de las ecuaciones resultantes.

En la Figura 3 se muestra la curva de calibración Humedad vs Resistencia eléctrica resultante para el tratamiento testigo (Watermark®).



θ = % de Humedad; R = Resistencia eléctrica; R^2 = Coeficiente de determinación *** = $p < 0,001$

Figura 3. Curva de calibración Humedad vs Resistencia eléctrica (Puente de Wheatstone) del Watermark® (tratamiento testigo).

CONCLUSIONES

- Los bloques de resistencia eléctrica construidos con sólo yeso (T1) y 80% de yeso con 20% de Arena (T3) generan resultados similares al Watermark® para la determinación de la tensión como medida indirecta de la humedad del suelo.
- Los tratamientos T1 y T4 (70% de Yeso y 30% de Arena) fueron adecuados para medición de la resistencia eléctrica con el uso del Puente de Wheatstone, en comparación con el tratamiento testigo.
- Los bloques de resistencia construidos con yeso más sílice no generaron determinación de tensión similar al Watermark®.
- Para la medición de la resistencia eléctrica con el uso del ohmímetro, todas las mezclas yeso-arena y yeso-sílice resultaron apropiados en comparación con el sensor Watermark®.
- Las curvas de calibración resultantes son apropiadas para la determinación de la humedad del suelo estudiado, en función de la tensión y resistencia eléctrica.
- En general el bloque construido solamente con yeso puede sustituir al Watermark® en la

determinación indirecta del contenido de humedad del suelo.

REFERENCIAS

- Artigao, A. y Guardado, R. 1993. El Agua en el suelo. En: de Santa Olalla y de Juan (Coords.). *Agronomía del Riego*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 732 p.
- Brito, D. 2007. Diseño y evaluación de un tensiómetro con dispositivo electrónico (transductor) para la medición de la tensión de humedad en el suelo. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Cabudare. Venezuela. 39 p.
- Fuentes, J. 1996. Técnicas de riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. España. 471 p.
- Gordillo, R. 2006. Caracterización de materiales (arcillas) para la fabricación de cápsulas porosas de tensiómetros. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Cabudare. Venezuela. 37 p.
- Lopes, H., Fabião, M. e Oliveira, I. 2003. Guia de Rega. Monitorização da água do solo. Sensores "Watermark". Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. Portugal. 37 p.
- Montenegro, H. y Malagón, D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Subdirección Agrológica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Bogotá, Colombia. 813 p.
- Thompson, R., Gallardo, M., Agüera, T., Valdez, L., y Fernandez, M. 2006. Evaluation of the Watermark sensor for use with drip irrigated vegetable crops. *Irrigation Science* 24:185-202.
- Villar, M., Josep, M. y Ferrer, F. 2005. Técnicas de medida y control del agua en el suelo. En: de Santa Olalla, López y Calera (Coords.). *Agua y Agronomía*. Ediciones Mundi-Prensa. España. 496 p.
- Vita, S., Schugurensky, C., Carrión R., y Rodríguez S. 2006. Evaluación del comportamiento de sensores de humedad de suelo del tipo (FDR) de desarrollo local, en relación al contenido de agua y a la textura de suelo. INTA. (Documento en línea). Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/Mendoza/Jornadas/Trabajospresentados/Vita.pdf>. [octubre de 2011].

EVALUACIÓN DE TRES METODOLOGÍAS DE INOCULACIÓN DE *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. EN GERMOPLASMA DE AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.)*

Evaluation of three inoculation methods of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. to sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm

Dasybel Peraza¹ y Hernán Laurentin¹

RESUMEN

Macrophomina phaseolina es un hongo del suelo que afecta a muchas especies cultivadas, entre ellas al ajonjolí. Como estrategia de manejo de la enfermedad, el uso de la resistencia genética debería ocupar un lugar preponderante, sin embargo, requiere identificar fuentes de resistencia para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético, y a su vez, esta identificación requiere de un protocolo de inoculación eficaz. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar tres metodologías de inoculación de *M. phaseolina* en ajonjolí, utilizando cuatro aislamientos del hongo y cuatro genotipos del cultivo. Para todas las metodologías se usó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, las parcelas principales estuvieron representadas por los aislamientos y las subparcelas por los genotipos de ajonjolí. La primera metodología consistió en enfrentar plántulas de ajonjolí a una suspensión de microesclerocios, en la segunda se enfrentaron al hongo en crecimiento, sembrado en cápsulas de Petri en agar papa dextrosa, y en la tercera las plántulas crecieron sobre un sustrato mezclado con propágulos del hongo. En las tres se evaluó la longitud de las lesiones provocadas por el hongo y el porcentaje de germinación. Las tres metodologías fueron efectivas en lograr la enfermedad en la planta, sin embargo, la segunda metodología no permitió la obtención de datos confiables debido a la contaminación de los medios sobre los cuales crecían las plántulas. Solo porcentaje de germinación fue distinto entre genotipos de ajonjolí, al evaluarse mediante la tercera metodología. Se propone a la tercera metodología como un protocolo de rutina para evaluar la reacción de germoplasma de ajonjolí a *M. phaseolina*.

Palabras clave: microesclerocios, pudrición carbonosa, resistencia genética, diversidad genética.

ABSTRACT

Macrophomina phaseolina is a soil-borne fungus affecting many cultivated species, such as sesame. There are many strategies of the disease management, but genetic resistance should be one of the most important. However, in order to use genetic resistance, identification of resistance's sources is necessary, and for that, successful inoculation protocols are needed. Objective of this research was to evaluate three inoculation methods of *M. phaseolina* on sesame, using 4 fungus isolates and 4 sesame genotypes. For all the methods, a split plot design with 4 replications was used. Main plots were represented by fungus isolates and subplots by sesame genotypes. For the first method, sesame plantlets were put into Petri dishes containing microsclerotia suspension; for the second method plantlets were put into Petri dishes containing the fungus growing on potato dextrose agar medium, and for the third, plantlets were grown into substrate mixed with the fungus growing into a Petri dish. Lesion length on plantlets and germination percentage were quantified in the three methods. All methods were successful for causing disease, however, second method was difficult to manage due to contamination problems, for that, data was not registered. Germination percentage was the only variable showing differences among sesame genotypes

(*) Recibido: 04-08-2012

Aceptado: 24-05-2013

¹ Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" Departamento de Ciencias Biológicas. UCLA. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. E-mail: hlaurentin@ucla.edu.ve, dasybelandrea@hotmail.com.

when third method was used. Third method is proposed as routine protocol for measuring sesame germplasm reaction to *M. phaseolina*.

Key words: microsclerotia, charcoal rot, genetic resistance, genetic diversity.

INTRODUCCIÓN

El ajonjolí es una planta a la cual se le ha propuesto como origen a India y Etiopía. Es un cultivo de importancia comercial en países africanos, asiáticos y americanos. India y China son los mayores productores, con poco más del 50% del total mundial (FAO 2012). La casi totalidad de producción de ajonjolí en el mundo se genera en países subdesarrollados (Laurentin *et al.* 2000). Es un cultivo del cual la información se ha generado fundamentalmente en países tropicales.

El ajonjolí es de gran importancia en Venezuela ya que ha sido utilizado por más de 60 años como alternativa para la rotación del cultivo de maíz en la zona denominada “granero de Venezuela”, en los alrededores de Turén en el estado Portuguesa.

En Venezuela se ha reportado la presencia de enfermedades que causan en algunos casos severos daños y pérdidas. Prácticamente desde el inicio de la siembra de ajonjolí en la Colonia Agrícola de Turén del estado Portuguesa, se han reportado enfermedades causadas por hongos del suelo, lo cual motivó la implementación de líneas de investigación conducentes a minimizar tales problemas (Pineda 2002). Estas enfermedades son causadas por un complejo de patógenos entre los que destaca *Macrophomina phaseolina*, hongo causante de la pudrición carbonosa de la raíz, que presenta una amplia distribución en los suelos de la zona referida. Este hongo ocasiona, bajo condiciones favorables, una considerable reducción en el peso del grano (hasta 65%) en plantas enfermas, esto se traduce en pérdidas en el rendimiento, que pueden ser mayores a 10% (Pineda y Avila 1988). *Macrophomina phaseolina* sobrevive en el suelo en forma de esclerocios, se ha contabilizado hasta 200 esclerocios/g en suelos sembrados con ajonjolí (Pineda *et al.* 1985). Estos esclerocios son formados en los tejidos del tallo de plantas infectadas, y son incorporados al suelo

junto con el material vegetal, donde persisten por un período de hasta 3 años (Dhingra y Sinclair 1978) y actúan como fuente de inóculo primario para próximos ciclos del cultivo. Siembras tardías en ajonjolí (diciembre-enero) implican mayor pudrición carbonosa de la raíz debido a aumento del estrés hídrico en las plantas y a las mayores temperaturas que se registran en la zona durante el año (Odvody y Dunkle 1979).

El control de la enfermedad se efectúa mediante prácticas culturales como el manejo de fechas de siembra (Hernández 1999), control biológico (Sandoval y López 2000), control químico (Pineda y Avila 1988) y desarrollo de cultivares resistentes (Mazzani *et al.* 1973). Esta última estrategia requiere del conocimiento de la interacción ajonjolí-*Macrophomina phaseolina* y la variabilidad intraespecífica de las especies involucradas (tanto el patógeno como el hospedero), para diseñar un programa de mejoramiento genético eficiente en la obtención de cultivares con mecanismos de defensa. El estudio de esta interacción requiere de metodologías eficaces en la inoculación del hongo sobre el germoplasma del cultivo. Reportes previos de esta interacción han sido realizados por Simosa y Delgado (1991) y El-Bramawy (2006). El objetivo del presente trabajo fue evaluar tres metodologías de inoculación de *Macrophomina phaseolina* en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) mediante la cuantificación de incidencia y severidad de la enfermedad provocada por cuatro aislamientos del hongo sobre cuatro genotipos de ajonjolí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de Fitopatología del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, ubicado en Tarabana, Cabudare, estado Lara.

Material vegetal

La interacción ajonjolí – *Macrophomina phaseolina* se evaluó sobre cuatro genotipos de ajonjolí del banco de germoplasma de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (Tabla 1), los cuales fueron seleccionados con base en la variabilidad genética existente entre ellos, reportada por Laurentin y Karlovsky (2007). Las semillas utilizadas pasaron por todos los tratamientos requeridos en un banco de germoplasma, incluyendo la desinfección con fungicida de contacto.

Aislamiento del hongo

Para la obtención de varios aislamientos del hongo se tomaron muestras vegetales de siembras comerciales en el estado Portuguesa, que presentaron sintomatología de pudrición carbonosa. Una vez obtenido el tejido enfermo, secciones pequeñas se colocaron en agar papa dextrosa (PDA) en cápsulas de Petri, se esperó el crecimiento micelial de *M. phaseolina* para transferir secciones de medio PDA con micelio y esclerocios a otra cápsula que también contenía PDA, operación que se repitió tantas veces como fue necesario para obtener aislamientos puros. De esta forma se obtuvieron cuatro aislamientos del hongo, provenientes de los sitios geográficos indicados en la Tabla 2.

Metodologías de inoculación

Primera metodología

El primer método de inoculación consistió en enfrentar a plántulas de una semana de edad a una suspensión de microesclerocios. La suspensión de microesclerocios se logró tal como lo señaló Laurentin (2007), se tomaron 2 g PDA modificado (4% de agar) sobre el cual estuvo creciendo *M. phaseolina* durante una semana. Este contenido de medio, micelio y microesclerocios fue macerado en 50 ml de agua destilada, se cuantificó con una lupa estereoscópica la cantidad de microesclerocios por unidad de volumen al tomar alícuotas de 50 µL para cada aislamiento. Posteriormente, la concentración fue ajustada a 300 microesclerocios por mililitro mediante la adición de agua destilada. Previo a la obtención de la suspensión de microesclerocios, se inició la obtención del material vegetal, el cual fue establecido directamente en las cápsulas de Petri que sirvieron como unidades experimentales. Para esto se utilizó un diseño de experimentos completamente al azar con 20 tratamientos (representados por las combinaciones entre cuatro cultivares de ajonjolí y cuatro aislamientos del hongo, además de testigos que fueron los cultivares de ajonjolí en ausencia del hongo) y 4 repeticiones. El arreglo de tratamientos fue en parcelas divididas, en el cual las parcelas principales (cápsulas de Petri) estuvieron representadas por los aislamientos, y las

Tabla 1. Genotipos de ajonjolí utilizados en la evaluación de la interacción con *Macrophomina phaseolina*

Genotipo	Descripción
43 x 32	Línea seleccionada del segundo ciclo de selección recurrente hacia altos rendimientos. La población original fue obtenida por el cruzamiento entre 50 introducciones exóticas (Laurentin <i>et al.</i> 2000)
UCLA 295 ; UCLA 37	Líneas élites del programa de mejoramiento genético de ajonjolí de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Origen desconocido
Maporal	Línea seleccionada del cultivar Etíope Arapatol (Mazzani <i>et al.</i> 1973).

Tabla 2. Coordenadas geográficas, altitud y localidad de los puntos en que fue colectado el material enfermo que originó los cuatro aislamientos de *M. phaseolina* utilizados.

Aislamientos	Latitud	Longitud	Altitud msnm	Localidad
36-2011	9° 07' 38,3'' N	68° 53' 19,8'' O	90	El Gateao
37-2011	9° 06' 34,1'' N	69° 02' 31,3'' O	96	El Playón
41-2011	9° 09' 4,9'' N	68° 54' 06'' O	100	Camino 8
2-2011	9° 18' 10,4'' N	69° 07' 13,9'' O	133	Carretera V, frente a PAI

subparcelas (mitad de las cápsulas de Petri) por los cultivares de ajonjolí. De esta manera, las unidades experimentales fueron cada una de las mitades de todas las cápsulas de Petri utilizadas. Se colocó un disco de papel absorbente de las mismas medidas de la cápsula, el cual fue humedecido con 5 ml de agua destilada. En cada unidad experimental se colocaron 5 semillas de cada cultivar. Las 40 cápsulas con su respectivo disco de papel absorbente fueron previamente esterilizadas mediante autoclave (121°C, 103 kPa, durante 20 min) junto al medio y el agua destilada utilizada para la germinación de las semillas. Al pasar ocho días, con las plántulas en desarrollo, se colocaron 10 semillas más de cada cultivar. En este momento se dispensaron en cada cápsula de Petri 3 ml de la suspensión con microesclerocios, a excepción de las cápsulas testigo; y se observaron las plantas diariamente. Cuando se empezaron a visualizar lesiones, se midió la longitud de la lesión en la raíz y en el tallo como indicadores de la severidad. Además, en cada unidad experimental, se registró el porcentaje de germinación de las 10 semillas colocadas.

Segunda metodología

En esta metodología se enfrentaron las plántulas a las estructuras de propagación que el hongo desarrolló en cápsulas de Petri con PDA. Para cada uno de los aislamientos, se tomó un disco de 1 cm de diámetro con PDA, micelio y microesclerocios. Estos fueron colocados en cápsulas de Petri con medio PDA de tal manera de tener suficiente material en crecimiento activo para establecer el ensayo. Al igual que el anterior, se ejecutó según un diseño completamente al azar, con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, con 20 tratamientos y 4 repeticiones. Las parcelas principales estuvieron representadas por los aislamientos y las subparcelas por plántulas de los cultivares de ajonjolí. Estas plántulas fueron obtenidas previamente mediante la colocación de semillas en cápsulas de Petri con papel absorbente. Una vez obtenidas las plántulas, lo cual se logró a los 8 días, se colocaron en las subparcelas. Al colocar las plántulas, ya la cápsula de Petri estaba totalmente cubierta por el hongo. Sobre las plántulas se cuantificó la longitud de la lesión en raíz y tallo como índices de la severidad de la

enfermedad, desde el momento en que empezaron a aparecer los síntomas de la enfermedad.

Tercera metodología

Se estableció un ensayo con un diseño de tratamiento de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Se llenaron 16 bandejas de plástico transparente de 10 x 19 x 5 cm con un sustrato constituido por tierra negra y arena (proporción 2:1) esterilizado en autoclave (121°C, 103 kPa, durante 1 h), mezclada con el contenido de una cápsula de Petri con *Macrophomina phaseolina* que creció en medio PDA durante 2 semanas. Cuatro bandejas fueron llenadas con la mezcla de cada uno de los cuatro aislamientos utilizados, y se utilizaron cuatro adicionales como el testigo (se llenaron con el sustrato esterilizado sin hongo). El sustrato fue humedecido por una única vez con 20 ml de agua destilada para permitir la germinación de las semillas. Las bandejas fueron mantenidas a temperatura ambiente. Las parcelas principales estuvieron representadas por los aislamientos (repetidas 4 veces); mientras que las subparcelas estuvieron representadas por 4 secciones de cada bandeja, en la cual se sembraron 10 semillas de genotipos. Las variables evaluadas fueron longitud de lesión en tallo (desde el momento en que se presentó la enfermedad) y porcentaje de germinación. La longitud de lesión en raíz no se cuantificó para mantener las plantas vivas para próximas evaluaciones.

Análisis Estadístico

Para cada una de las variables registradas se realizó un análisis de varianza previa comprobación de sus supuestos. Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey en cada una de las fuentes de variación que resultaron con diferencias estadísticas. Estos análisis se efectuaron con el programa Statistix for Windows v.8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tres metodologías aplicadas para lograr la infección de las plantas por *Macrophomina phaseolina* fueron efectivas. Todas causaron la enfermedad en las plantas inoculadas. Sin embargo, la facilidad de manejo y la identificación

de la virulencia y severidad de cada uno de los aislamientos sobre los genotipos evaluados varió entre metodologías. Además, el momento de medir las variables propuestas fue a 4 días para la primera y segunda metodología y a 7 días para la tercera.

Para la primera metodología, las variables longitud de lesión de raíz y longitud de lesión de tallo indican que la inoculación fue efectiva, todas las plantas que tuvieron contacto con el propágulo inicial del hongo presentaron la enfermedad con un rango de longitud de la lesión de 4,1 a 6,3 mm para raíz y 6,8 a 10,4 mm para tallo. La longitud de las lesiones no mostró diferencias estadísticas entre aislamientos del hongo (Figuras 1 y 2). Para estas variables no se detectaron diferencias ($P > 0,05$) entre los cultivares de ajonjolí evaluados. Ante el ataque de *Macrophomina phaseolina* en estas condiciones de inoculación, los cuatro cultivares presentaron la misma susceptibilidad a enfermarse, se infiere que poseen los mismos genes relacionados con la respuesta que la planta pueda tener ante la presencia del hongo.

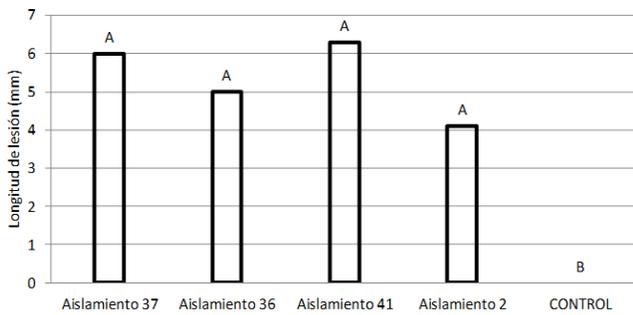


Figura 1. Longitud de lesión de raíz de cuatro genotipos de ajonjolí en presencia de cuatro aislamientos de *M. phaseolina*, cuantificado mediante la primera metodología. Las columnas identificadas con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

El porcentaje de germinación fue afectado ($P < 0,01$) por la interacción Genotipo x Aislamiento (Figura 3). Germinación de 100% para los cuatro genotipos en ausencia del hongo, indica que cualquier alteración en esta variable en semillas inoculadas es consecuencia de la acción del hongo. El aislamiento 2 causó disminución significativa ($P < 0,05$) en la germinación de los genotipos con respecto al control. El genotipo UCLA37 presentó valores más altos de germinación, su germinación fue estadísticamente

igual al control, excepto al ser enfrentado al aislamiento 2; mientras que 43x32 fue más afectado en esta variable, se redujo ($P < 0,05$) su germinación con respecto al control al ser inoculado con tres de los cuatro aislamientos del hongo.

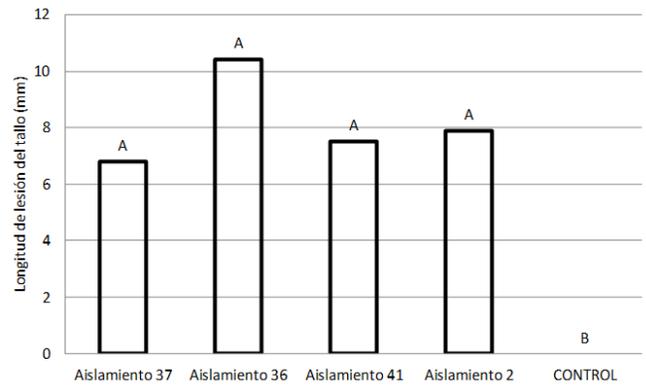


Figura 2. Longitud de lesión de tallo de cuatro genotipos de ajonjolí en presencia de cuatro aislamientos de *M. phaseolina*, cuantificado mediante la primera metodología. Las columnas identificadas con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

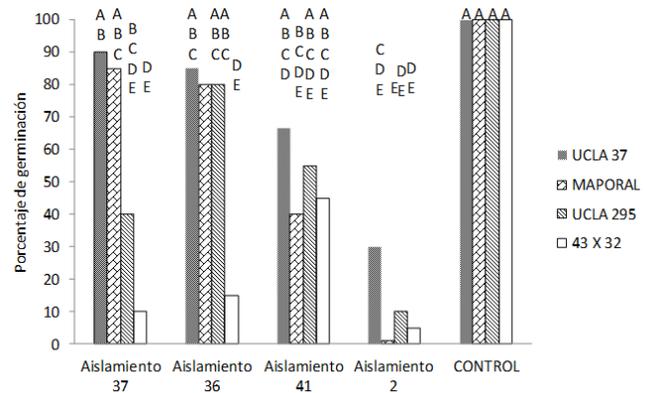


Figura 3. Porcentaje de germinación de cuatro genotipos de ajonjolí en presencia de cuatro aislamientos de *M. phaseolina*, cuantificado mediante la primera metodología. Las columnas identificadas con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

La segunda metodología fue complicada de manejar en relación al control de la contaminación con microorganismos. Esta metodología requería de medios de cultivo muy fácilmente contaminables, las unidades experimentales que actuaron como control presentaron plantas enfermas. Ante tal situación, y a pesar que se registraron en todas las unidades experimentales lesiones en raíz y tallo, los resultados no se reportan debido a la falta de confiabilidad en los

datos, puesto que no es posible asegurar que las plantas inoculadas hayan sufrido la enfermedad causada por *M. phaseolina*.

En la tercera metodología se identificaron diferencias ($P \leq 0,01$), la variable longitud de lesión en tallo fue afectada por aislamiento del hongo, lo cual es explicado por las diferencias existentes entre el testigo y las plantas inoculadas (Figura 4). Las longitudes de la lesión fueron mayores que las reportadas en la primera metodología, estuvieron en el rango desde 9 hasta 19 mm. Los cuatro genotipos de ajonjolí evaluados no presentaron diferencias en longitud de la lesión del tallo, lo cual fue similar en la primera metodología.

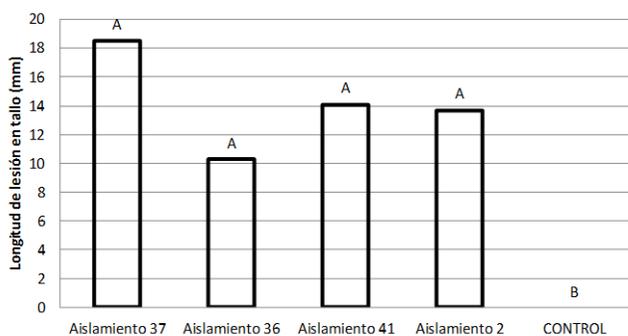


Figura 4. Longitud de lesión de tallo de cuatro genotipos de ajonjolí en presencia de cuatro aislamientos de *M. phaseolina*, evaluado en la tercera metodología. Las columnas identificadas con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

En relación al porcentaje de germinación, a diferencia de la primera metodología, no se identificó significación estadística para la interacción Genotipos de Ajonjolí x Aislamientos del Hongo, pero se presentaron diferencias ($P \leq 0,05$) entre genotipos de ajonjolí (Figura 5) y entre aislamientos del hongo (Figura 6). Sólo en el genotipo 43x32 se redujo significativamente el porcentaje de germinación al ser comparado con el control. El aislamiento 2 fue más virulento, al disminuir significativamente el porcentaje de germinación con respecto al control. Se evidencia que el genotipo 43x32, es atacado por *M. phaseolina* en estado de plántula, su capacidad de respuesta de defensa es igual que para los otros genotipos, pero si es atacada la semilla, se afecta más que los otros genotipos. El aislamiento 2 tuvo mayor capacidad de infectar semilla.

Pineda *et al.* (1985) también encontraron variabilidad entre genotipos de ajonjolí en cuanto a la reducción en la germinación producida por el ataque de *M. phaseolina*; sin embargo, Simosa y Delgado (1991) no encontraron efecto de la infección en la semilla sobre la germinación en ajonjolí.

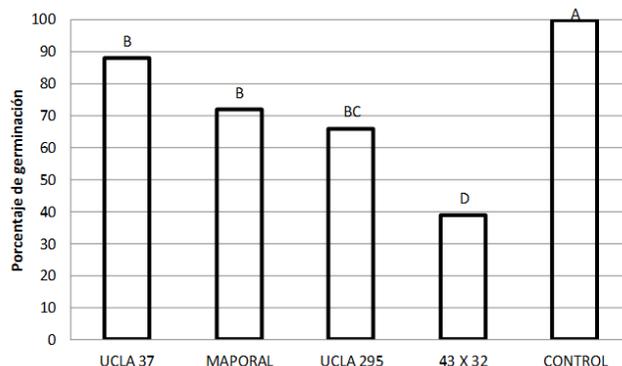


Figura 5. Porcentaje de germinación de 4 genotipos de ajonjolí en presencia de aislamientos de *M. phaseolina*, determinados por la tercera metodología. Las columnas identificadas con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

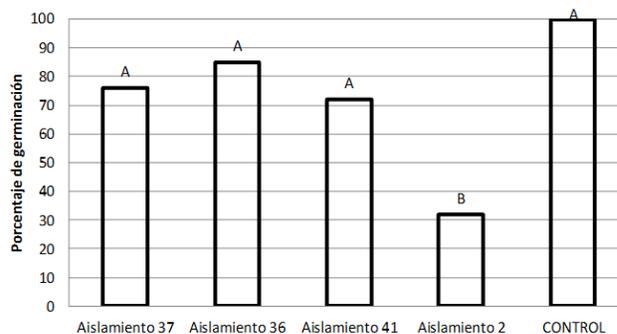


Figura 6. Porcentaje de germinación de ajonjolí considerando 4 aislamientos del hongo *M. phaseolina*, determinados por la tercera metodología. Las columnas identificadas con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Las tres metodologías aplicadas fueron eficaces en enfermar a las plantas de ajonjolí. Muñoz *et al.* (2005), al evaluar diferentes aislamientos de *M. phaseolina* en diferentes especies vegetales, concluyeron que el cultivo de ajonjolí fue más afectado. La segunda metodología no generó resultados confiables debido a la contaminación que se registró en las unidades experimentales, como consecuencia de la dificultad de manejar material biológico sobre un medio de cultivo ya preparado. La falta de diferencias estadísticas entre genotipos de ajonjolí o de

aislamientos de *M. phaseolina* en la longitud de lesión de tallo y raíz dificulta la recomendación de una metodología en particular; sin embargo, se evidenciaron diferencias en porcentaje de germinación entre genotipos de ajonjolí. Debido a que la magnitud de daño sobre la semilla fue distinta según la metodología aplicada, se afirma que la interacción entre planta y patógeno es compleja y depende de la fuente y concentración de inóculo inicial (microesclerocios, micelio y la relación entre ambos). La concentración de microesclerocios y micelio determina la severidad con que actúe el patógeno (Simosa y Delgado 1991), pues la planta puede tener la capacidad de responder con resistencia hasta una magnitud determinada de inóculo inicial, o el patógeno puede tender a provocar cierta magnitud de la enfermedad, dependiendo de la fuente de inóculo. Al colocar otro factor como medio de cultivo y suelo, la interacción será aún más compleja.

Debido a lo anteriormente expuesto, la tercera metodología se asemejaría más a las condiciones de campo, donde se encontrarían las plantas de ajonjolí en un suelo con microesclerocios y micelio de *M. phaseolina*. En tal sentido, se sugiere un sustrato mezclado con propágulos del hongo, como más idóneo para evaluar el comportamiento de materiales de ajonjolí en presencia del hongo.

REFERENCIAS

- Dhingra, O. and Sinclair, J. 1978. Biology and Pathology of *Macrophomina phaseolina*. Universidad Federal de Vicosa, Vicosa, Brazil. 166 p.
- El-Bramawy, M. 2006. Field resistance of crosses of sesame (*Sesamum indicum* L.) to charcoal root rot caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Plant Protection Science 42:66-72.
- FAO, 2012. FAOstat databases (<http://faostat.fao.org>). [agosto de 2012].
- Hernández, C. 1999. Posibilidades de manejo de las fechas de siembra dentro de un sistema de control integrado de la pudrición carbonosa provocada por *Sclerotium bataticola* Taub. (Butler) en girasol. Cuadernos de Fitopatología 63:166-168.
- Laurentin, H. 2007. Genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.): molecular markers, metabolic profiles and effect of plant extracts on soil-borne pathogenic fungi. Tesis Doctoral. Universidad Georg-August, Göttingen, Alemania.
- Laurentin, H. and Karlovsky, P. 2007. AFLP fingerprinting of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars: identification, genetic relationship and comparison of AFLP informativeness parameters. Genet Resour Crop Evol. 54:1437-1446.
- Laurentin, H., Layrisse, A. y Quijada, P. 2000. Evaluación de dos ciclos de selección recurrente para altos rendimientos de semilla en una población de ajonjolí. Agronomía Tropical 50:521-535.
- Mazzani, B., Nava, C., Martínez, A. y Layrisse, A. 1973. Maporal, una nueva variedad de ajonjolí para los Llanos Occidentales. Agronomía Tropical 23:501-508.
- Muñoz, C., Hernández, M. y Pérez, M. 2005. Análisis patogénico y genético de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. En diferentes hospedantes. Revista Mexicana de Fitopatología 23:11-18.
- Odvody, G. and Dunkle, L. 1979. Charcoal stalk rot of sorghum: effect of environment in host-parasite relations. Phytopathology 126:343-352.
- Pineda, J. 2002. Enfermedades del ajonjolí. Algunas medidas de control. II Curso sobre producción de ajonjolí, soya y otras leguminosas. ASOPORTUGUESA, UCLA y FONAIAP. 114 p.
- Pineda, J. y Avila, J. 1988. Alternativas para el control de *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum* patógenos del ajonjolí

(*Sesamum indicum* L.). *Agronomía Tropical* 38:79-84.

Pineda, J., Nass, H. y Rodríguez, H. 1985. Efecto de la densidad de inóculo de (*Macrophomina phaseolina*) en la infección de plántulas de ajonjolí. *Agronomía Tropical*. 35 (4-6): 133-138.

Sandoval, I. y López, M. 2000. Antagonismo de *Trichoderma harzianum* A34 hacia *Macrophomina phaseolina* y otros patógenos fúngicos del frijol. *Fitosanidad* 4:69-72.

Simosa, N. and Delgado, M. 1991. Virulence of four isolates of *Macrophomina phaseolina* on four sesame (*Sesamum indicum*) cultivars. *Fitopatología Venezolana* 4: 20-23.

PROCESOS DIGESTIVOS EN CIEGO Y COLON DE CERDOS EN CRECIMIENTO. 1. TRÁNSITO DE DIGESTA Y DIGESTIÓN*

Digestive processes in caecum and colon of growing pigs. 1. Transit of digesta and digestion

Julio Ly¹ y Pedro Lezcano¹

RESUMEN

Se examinaron índices del tránsito digestivo y de la digestión en el intestino grueso de 14 cerdos cruzados con 55 kg de peso vivo promedio, alimentados *ad libitum* con dos tipos de dietas desde seis semanas antes. Las dietas fueron de miel rica de caña de azúcar o maíz, con levadura torula (*Candida utilis*) como única fuente proteica. Los animales se sacrificaron antes del suministro diario de alimento. El tránsito de digesta medido en ciego, colon centrípeto, centrífugo y recto según un arreglo factorial 2 x 4, no reveló efecto significativo ($P > 0,05$) de interacción dieta x sitio. La velocidad de tránsito fue menor o mayor ($P < 0,05$) en colon centrípeto y centrífugo con la dieta de maíz (0,239 y 0,540 cm/min) pero no hubo cambios con la de miel rica (0,361 y 0,379 cm/min). El tiempo de retención de digesta para todo el intestino grueso fue significativamente mayor ($P < 0,05$) cuando se suministró la dieta de maíz en comparación con la de miel rica (32,1 y 24,3 horas), en paralelo con una mayor o menor desaparición de digesta seca (10,2 y 5,6 %) en ese segmento digestivo, de acuerdo con determinación de ceniza ácido insoluble en muestras tomadas postmortem. La retención de digesta en intestino grueso fue directamente proporcional ($R^2 = 0,304$; $P < 0,05$) a la desaparición de material seco en ciego y colon de los individuos estudiados. Existen cambios en los procesos digestivos de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de levadura torula y miel rica o maíz.

Palabras clave: digestibilidad, maíz, miel rica de caña de azúcar, levadura torula, intestino grueso.

ABSTRACT

Indices of digesta transit and digestion in the large intestine were examined in 14 crossbred pigs weighing on average 55 kg, fed *ad libitum* with two diets from six weeks before. Diets of sugar cane high-test molasses or maize was used, and where the only source of protein was torula yeast (*Candida utilis*). The animals were sacrificed before the morning distribution of feeds. Digesta transit measured in caecum, centripetal and centrifugal colon and rectum following a 2 x 4 factorial arrangement, did not reveal effect ($P > 0.05$) diet x site interaction. Rate of passage was lower or greater ($P < 0.05$) in centripetal and centrifugal colon in the diet of maize (0.239 and 0.540 cm/min) but there were no changes in that of molasses (0.361 and 0.379 cm/min). Retention time of digesta was significantly ($P < 0.05$) higher in the maize diet as compared to that of molasses for the entire large intestine (32.1 and 24.3 hours), in parallel to a higher and lower dry digesta disappearance (10.2 and 5.6 %) in that digestive segment, according to *postmortem* measurement made with acid-insoluble ash. Retention of digesta in the large intestine was proportional in a direct manner ($R^2 = 0.304$, $P < 0.05$) to disappearance of dry material in caecum and colon of the studied individuals. There are changes in digestive processes of growing pigs fed on diets of torula yeast accompanying either sugar cane high-test molasses or maize.

Key words: digestibility, maize, sugar cane high-test molasses, torula yeast, large intestine

(*) Recibido: 28-01-2013

Aceptado: 30-05-2013

¹ Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24. San José de las Lajas, Cuba. email: jlyca@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Los cerdos suelen excretar material fecal con distinto grado de humedad, en dependencia del tipo de melaza de caña de azúcar utilizado en su alimentación (Ly 2008). Habitualmente, en dietas con miel rica o la miel final de caña de azúcar, se ha observado, o bien las características de una constipación con la primera, o de una diarrea con la segunda. En paralelo los rasgos de comportamiento de interés económico son generalmente buenos con la miel rica, y malos con la miel final (Ly 2008). Como se sabe muy bien, la miel rica no es más que jugo de caña parcialmente invertido para prevenir la cristalización de la sacarosa y posteriormente concentrado a aproximadamente 85° brix, mientras que la miel final es el producto final de la tercera extracción sucesiva de azúcar (Spencer y Meade 1957).

El patrón de excreción fecal de los cerdos alimentados con estas mieles de caña no solamente está asociado con digestión y metabolismo de esos recursos alimentarios, abundantes en algunos países tropicales, sino también con la manipulación de desechos que se vierten al ambiente. De ahí el interés en hacer estudios de los procesos digestivos en estas condiciones de producción de ganado porcino (Ly 2008).

En estudios iniciales sobre el tránsito de digesta y la digestibilidad de dietas en las que las mieles de caña de azúcar eran la única fuente de energía, se encontraron modificaciones notables en el tránsito digestivo y en la digestibilidad de estos alimentos dados al ganado porcino, tanto cuando se comparaban las dietas de mieles con las de maíz o estas mieles entre sí (Ly 1984; 1985). En estas evaluaciones, se usaba un suplemento proteico constituido esencialmente por harina de pescado. En experimentos posteriores, se comenzó a evaluar la posibilidad de utilizar la levadura torula como única o principal fuente de proteína en cerdos en crecimiento y engorde (Boucourt 1982; Lezcano 2005). Se ha encontrado que las dietas que contienen levadura torula como única o principal fuente de proteína, pueden presentar índices digestivos variables en dependencia de varios factores, entre ellos el nivel de consumo (Maylín *et al.* 1987; Ly 2009). En el caso de aves, es

consistente el hallazgo de un efecto laxante cuando la levadura torula es la principal fuente de proteína en la dieta (Lon-Wo y Valdivié 1985).

El objetivo de este experimento fue estudiar el tránsito de digesta y la digestión en el intestino grueso de cerdos en crecimiento, alimentados *ad libitum* con dietas de maíz o miel rica, más levadura torula como única fuente de proteína.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se examinaron índices del tránsito digestivo en el intestino grueso de 14 cerdos Yorkshire x Landrace x Duroc, de 55 kg de peso vivo promedio, alimentados *ad libitum* (45 g MS/kg peso vivo por día, como valor promedio) y al azar con dos dietas a partir de los 30 kg desde seis semanas antes. Se usaron dietas de miel rica de caña de azúcar parcialmente invertida (pH, 3,8) o maíz, en las que la única fuente proteica fue la levadura torula (*Candida utilis*). Las características de las dietas se muestran en la Tabla 1.

Los animales fueron sacrificados antes del suministro matutino diario de alimento, mediante una inyección de pentobarbital sódico. Inmediatamente después del sacrificio, se practicó una laparatomía para extraer el tracto gastrointestinal, se ligó primero el cardias, el píloro y la válvula ileocecal, para evitar un excesivo movimiento de digesta. Después de eliminar el mesenterio, los distintos segmentos digestivos que se aislaron y pesaron llenos y vacíos fueron el estómago, duodeno/yeyuno, yeyuno/íleon, ciego, colon centrípeto, colon centrífugo y recto. El duodeno/yeyuno y el yeyuno/íleon resultaron de dividir al intestino delgado aproximadamente por la mitad de su longitud. El ciego se definió como la porción terminal del intestino grueso cuyo límite anatómico fue una línea imaginaria paralela a la desembocadura de la válvula ileocecal. De ahí hasta la *flexura coli*, fue considerado el segmento del colon centrípeto, mientras que de la *flexura coli* al recto se asumió como localización del colon centrífugo.

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales.

Ingredientes	Maíz	Miel rica
	%	
Harina de maíz	79,3	-
Miel rica de caña de azúcar	-	65,5
Levadura torula (<i>Candida utilis</i>)	18,0	32,5
CaCO ₃	1,3	1,3
CaPO ₄ H.2H ₂ O	0,8	-
NaCl	0,1	0,1
Vitaminas y minerales ¹	0,5	0,5
Análisis		
Materia seca	89,90	87,86
Cenizas	4,87	6,62
Materia orgánica	95,13	93,38
Fibra cruda	2,50	0,33
Nx6.25	16,03	16,05
Energía, kjoule/g MS	18,45	18,50

¹Según requerimientos del NRC (1998).

Por convención, se consideró que el intestino recto fue un segmento de unos 40 cm medido a partir del ámpula rectal, y que resultó una sección prácticamente sin haustras. Se determinó la longitud de todos los segmentos del intestino grueso mediante medidas efectuadas con una cinta métrica con apreciación de 0,1cm.

La diferencia entre las pesadas de órganos llenos y vacíos fue considerada como el contenido de digesta fresca. La digesta fue convenientemente homogeneizada e inmediatamente se midió el pH con un electrodo de vidrio. Otra muestra de digesta se utilizó para la determinación gravimétrica de MS (AOAC 1990) y en el contenido cecal y rectal, se determinó la ceniza ácido insoluble de acuerdo con la metodología de Van Keulen y Young (1977), para calcular la digestibilidad aparente de la MS, por el método indirecto (Adeola 2000), en ambos sitios, y por diferencia, se obtuvo el dato de desaparición de MS entre el ciego y el recto.

Las medidas de tránsito digestivo en el intestino grueso se hicieron de acuerdo con Hecker y Grovum (1975), tal como fue descrito en otro experimento (Ly 1985). En resumen, la ecuación para determinar el tránsito de digesta, expresado en cm/min, fue la siguiente:

$$R = [L\alpha (1 + b/a)] / W$$

Donde L es la longitud del segmento evaluado, α es el ritmo de excreción fecal de material seco indigestible, b y a son el contenido

de agua y MS en 100 g de digesta fresca, y W, el peso de digesta fresca en el segmento de longitud L.

El tiempo de retención T en cada segmento se calculó con la siguiente expresión, en la que los distintos elementos tuvieron el mismo significado de la ecuación anterior.

$$T = W / [\alpha(1 + b/a)]$$

Los datos fueron manipulados de acuerdo con las técnicas del análisis de varianza y de regresión (Steel *et al.* 1997) y se usó el paquete estadístico de Minitab (2009) para todo el proceso biométrico. En el caso de los datos de tránsito digestivo, el análisis de varianza se aplicó a un diseño en arreglo factorial 2 x 4 (dieta x sitio de medición). Las medidas de desaparición y digestibilidad de la dieta se evaluaron según una clasificación simple, para examinar el efecto dietético. En los casos precedentes, las medias fueron separadas mediante comparación múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza no reveló efecto significativo ($P > 0,05$) de interacción dieta x sitio. El ambiente gastrointestinal de los animales utilizados en esta investigación fue caracterizado mediante los valores de pH y la concentración de MS en los distintos segmentos digestivos que se examinaron. En la Tabla 2 se muestra el perfil del

pH de la digesta de los distintos segmentos digestivos. La digesta de los cerdos alimentados con miel rica mostró valores de pH más altos ($P<0,05$) que la de los que consumieron maíz.

En la Tabla 3 aparecen los valores correspondientes a la concentración de MS en los distintos segmentos del tracto gastrointestinal. El hecho más relevante en este índice fue el bajo

valor de MS encontrado en condiciones de ayuno, en casi todas las secciones digestivas cuando los animales fueron alimentados con miel rica, aunque entre ambas dietas no hubo diferencias ($P>0,05$) en la concentración de MS fecal.

Los datos referentes al tránsito digestivo en el intestino grueso se presentan en la Tabla 4. La velocidad de tránsito fue menor o mayor ($P<0,05$)

Tabla 2. Valores de pH en digesta de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES ±
	Maíz	Miel rica	
Estómago	4,89 ^a	4,25 ^a	0,30*
Duodeno/yeyuno	6,03 ^b	6,43 ^b	0,21*
Yeyuno/íleon	6,09 ^b	6,85 ^b	0,22*
Ciego	5,71 ^b	6,02 ^b	0,21
Colon centrípeto	6,04 ^b	6,48 ^b	0,19*
Colon centrífugo	6,29 ^b	6,87 ^b	0,14*
Recto	6,26 ^b	6,82 ^b	1,05*
ES ±	0,34*	0,48*	-

* $P<0,05$; ES= error estándar

^{ab} Medias en la misma columna sin letra en común difieren entre sí ($P<0,05$)

Tabla 3. Contenido de MS en digesta de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES ±
	Maíz	Miel rica	
	%		
Estómago	33,43 ^c	6,51 ^a	1,50***
Duodeno/yeyuno	15,44 ^a	12,41 ^{ab}	2,23
Yeyuno/íleon	16,79 ^a	12,82 ^b	1,75*
Ciego	20,09 ^{ab}	12,88 ^b	0,60***
Colon centrípeto	23,55 ^b	19,05 ^b	1,25***
Colon centrífugo	26,37 ^b	23,08 ^{bc}	1,05**
Recto	29,09 ^{bc}	29,49 ^c	2,46
ES ±	2,60	3,03	-

* $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$; ES= error estándar

^{ab} Medias en la misma columna sin letra en común difieren entre sí ($P<0,05$)

Tabla 4. Tránsito digestivo en segmentos del intestino grueso de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES ±
	Maíz	Miel rica	
Velocidad de tránsito, cm/min			
Ciego	0,221 ^a	0,207 ^a	0,048
Colon centrípeto	0,239 ^a	0,361 ^b	0,057*
Colon centrífugo	0,540 ^b	0,379 ^b	0,080*
Recto	0,289 ^a	0,260 ^{ab}	0,040
ES ±	0,097*	0,059*	-
Tiempo de retención de digesta, horas			
Ciego	2,7 ^a	2,3 ^a	0,65
Colon centrípeto	18,8 ^c	10,4 ^b	2,33*
Colon centrífugo	8,9 ^b	9,8 ^b	1,15
Recto	1,8 ^a	1,9 ^a	0,20
ES ±	2,39**	1,24**	-

* $P<0,05$; ** $P<0,01$; ES= error estándar

^{ab} Medias en la misma columna sin letra en común difieren entre sí ($P<0,05$)

en colon centrípeto y centrífugo con la dieta de maíz (0,239 y 0,540 cm/min) pero no hubo cambios en la de miel rica (0,361 y 0,379 cm/min). Por otra parte, en ambas dietas la velocidad de tránsito fue mínima en el ciego y máxima en el colon centrífugo con respecto al resto de las secciones en que se dividió el intestino grueso. Un efecto similar fue hallado en los cerdos evaluados por Hecker y Grovum (1975) y por Ly (1985). Por otra parte, la retención de digesta fue máxima en el colon centrípeto ($P < 0,01$), con respecto a los otros segmentos medidos, aunque ello fue más evidente en la dieta con maíz. Estas medidas tienden a confirmar observaciones anteriores de Clemens *et al.* (1975).

En la Tabla 5 se listan los datos correspondientes a la desaparición de MS y retención de digesta en el intestino grueso de los cerdos. El tiempo de retención de digesta fue significativamente mayor ($P < 0,05$) con la dieta de maíz en comparación con la de miel rica para todo el intestino grueso (32,1 y 24,3 horas) en paralelo con una mayor o menor desaparición de digesta seca (10,2 y 5,6%) en ese segmento digestivo, según medidas de la ceniza ácido insoluble efectuadas en muestras tomadas *postmortem*.

Wilfart *et al.* (2007) encontraron que en dietas convencionales con niveles variables de fibra, el tiempo medio de retención de digesta, medido por otro procedimiento (Faichney 1975), fue 45 y 39 horas para las fases sólida y líquida respectivamente, en todo el tracto digestivo. Las cifras informadas por Wilfart *et al.* (2007), al igual que las de otros estudios hechos con otros métodos, de tránsito digestivo de cerdos

alimentados con dietas fibrosas (Stanogias y Pearce 1985; Le Goff *et al.* 2002; Van Leeuwen *et al.* 2006), tienden a coincidir con las encontradas aquí para todo el intestino grueso, si se tiene en cuenta que el 87% del tiempo de retención de digesta puede estar causado por la residencia de ésta en el ciego y el colon de los animales (Wilfart *et al.* 2007). En otros estudios con dietas de miel rica/harina de pescado, dadas a cerdos en acabado, se encontró un tiempo de retención considerablemente alto, 54,1 horas, con respecto al de la dieta de maíz, 36,4 horas (Ly 1985). Una explicación *a priori* pudiera ser que la naturaleza de la fuente proteica de la dieta intervino en esta diferencia en retención de digesta en el intestino grueso.

La digestibilidad de MS hasta el ciego fue significativamente ($P < 0,05$) mayor para la dieta con miel rica, mientras que en el recto, fue mayor ($P < 0,05$) para la dieta con maíz. La resultante de estos efectos, fue una desaparición menor ($P < 0,05$) de MS en el intestino grueso de los cerdos alimentados con la dieta de miel rica y levadura torula. Estos resultados no coinciden con otros informados para cerdos alimentados con dietas de maíz o mieles y harina de pescado como fuente proteica de la dieta (Ly 1977), puesto que en el experimento referido, la cuantía de MS desaparecida en ciego y colon fue 14,2 y 20,7%. Es probable que, independiente de la diferencia en metodología y condiciones experimentales, la discrepancia entre estos resultados pudiera ser explicado por el cambio en la fuente proteica, de harina de pescado a levadura torula, en las dietas de los animales. Este cambio, además, determinaría un incremento en el por ciento

Tabla 5. Desaparición de MS y tiempo de retención de digesta en el intestino grueso de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES ±
	Maíz	Miel rica	
Peso de los animales, kg	55,0	55,0	-
Consumo diario, g MS/kg peso corporal	42,4	44,9	3,01
Digestibilidad de MS, %¹			
Hasta el ciego	76,8	79,2	0,67*
Hasta el recto	87,0	84,8	0,71*
Desaparición de MS ¹ , %	10,2	5,6	0,54**
Retención de digesta seca, horas ²	32,1	24,3	3,2*

¹ Diferencia entre digestibilidad hasta ciego y hasta recto, en por ciento, a partir de medidas *postmortem*

² Suma del tiempo de retención de digesta en cuatro secciones entre el ciego y el recto (ver Tabla 4)

* $P < 0,05$; $P < 0,01$; ES= error estándar

dietético de la fuente energética, debido a una mayor concentración de compuestos nitrogenados en la harina de pescado.

Aparentemente, la retención de digesta en intestino grueso fue directamente proporcional a la desaparición de material seco en ciego y colon de los individuos estudiados. Aún con cierta variabilidad ($S_{yx}, \pm 2,30$), el análisis de regresión exhibió una interdependencia significativa ($P < 0,05$) entre ambas medidas, con un determinado margen de confiabilidad ($R^2 = 0,304$), que pudiera considerarse afectado por el tamaño de población reducido ($n = 14$). A este respecto, Kim *et al.* (2007) informaron, al igual que otros (Kass *et al.* 1980; Le Goff *et al.* 2002), el mismo efecto entre la digestibilidad rectal de MS y el tránsito de digesta por todo el canal alimentario de cerdos en crecimiento (peso vivo promedio, 51,3 kg), y alimentados con una dieta convencional de maíz/soya. Kim *et al.* (2007) encontraron un valor de R^2 ascendente a 0,425, cercano al encontrado en este experimento para el intestino grueso solamente. El tema de la relativa imprecisión de los valores promedios ha sido tema recurrente en este tipo de evaluación (Stanogias y Pearce 1985; Le Goff *et al.* 2002; Kim *et al.* 2007), pero la tendencia general es observar una asociación negativa entre el tránsito de digesta, o positiva para el tiempo de retención, y la digestibilidad de nutrientes, particularmente la MS, en cerdos. En la Figura 1 se muestra el resultado de este análisis.

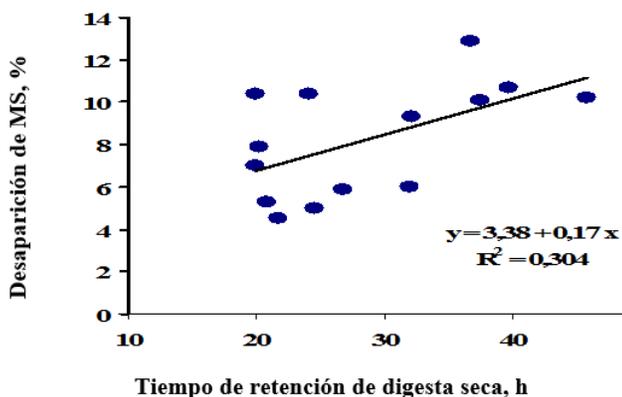


Figura 1. Tránsito y desaparición de MS en ciego y colon de cerdos en crecimiento.

Según lo encontrado en el experimento que aquí se describe, existen cambios en los procesos digestivos de cerdos en crecimiento alimentados

con dietas de levadura torula y miel rica o maíz. Sin embargo, en ambas dietas se encontró la misma interdependencia entre la desaparición de digesta y el tránsito de materiales por el intestino grueso. Es posible que ello se deba a que tanto en la ración de maíz como en la de miel rica, probablemente el poco contenido de pared celular vegetal pudiera haber provenido mayoritariamente de la levadura torula. No se conoce la influencia que la fibra de la levadura, o aún las pentosas liberadas durante la hidrólisis de los ácidos nucleicos, pudiera tener en los procesos digestivos del ganado porcino, sobre todo cuando aproximadamente la cuarta parte de la ración proviene de la levadura torula.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración técnica de los señores Miguel Pérez y José Luis Reyes en el manejo y cuidado de los animales, así como en los muestreos efectuados, y a las señoras Ana María Romero y Martha Carón en la ejecución de los análisis de laboratorio. Igualmente se agradece a la Dra. Marisol Muñiz por la asistencia en la ejecución de los procedimientos biométricos.

REFERENCIAS

- Adeola, O. 2000. Digestion and balance techniques in pigs. *In: Swine Nutrition* (Lewis, A. and Southern, L. Eds.). CRC Press. Washington, pp 903-916.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Chemists (Helrick, K. Ed.). Arlington, 1230 p.
- Boucourt, R. 1982. Digestibilidad de la proteína de la levadura torula en cerdos alimentados con dietas a base de miel final de caña. Tesis Dr.Sci. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, 101 p.
- Clemens, E., Stevens, C. and Southworth, M. 1975. Sites of organic acid production and pattern of digesta movement in the gastrointestinal tract of swine. *Journal of Nutrition* 105:759-768.

- Faichney, G. 1975. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminant. *In: Digestion and Metabolism of the Ruminant* (MacDonald, I. and Warner, A. Eds.). The University of New England Press. Sidney, pp 277-291.
- Hecker, J. and Grovum, W. 1975. Rates of passage of digesta and water absorption along the large intestines of sheep, cows and pigs. *Australian Journal of Biological Sciences* 18:161-167.
- Kass, M., Van Soest, P., Pond, W., Lewis, B. and McDowell, R. 1980. Utilization of dietary fibre from alfalfa by growing swine. 1. Apparent digestibility of diets components in specific segments of the gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science* 50:175-191.
- Kim, B., Lindemann, M., Cromwell, G., Balfagon, A. and Agudelo, J. 2007. The correlation between passage rate of digesta and dry matter digestibility in various stages of swine. *Livestock Science* 109:81-84.
- Le Goff, G., Van Milgen, J. and Noblet, J. 2002. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. *Animal Science* 74:503-515.
- Lezcano, P. 2005. Development of a protein source in Cuba. Torula yeast. *Cuban Journal of Agricultural Science* 39:447-451.
- Lon-Wo, E. y Valdivié, M. 1985. Levadura torula y su efecto en la humedad de las excretas en pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 19:289-296.
- Ly, J. 1977. Some aspects of digestibility up to the caecum and faeces in pigs fed on maize or high-test molasses based diets. *Cuban Journal of Agricultural Science* 11:63-74.
- Ly, J. 1984. Ceba de cerdos con mieles de caña. 2. Indices de digestibilidad y tránsito por el tracto gastrointestinal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 18:177-187.
- Ly, J. 1985. Digestión en el intestino grueso del cerdo alimentado con mieles de caña. 2. Tránsito de digesta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 19:33-42.
- Ly, J. 2008. Nutrition des porcs avec de la canne à sucre. Quelques donés cubains récentes. Journées Scientifiques sur l'Utilisation de la Canne à Sucre et ses CoProduits en Alimentation Animale. Petít. Bourg, 10 p.
- Ly, J. 2009. Ileal flow of N in pigs fed on torula yeast based diets. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 16:254-259.
- Maylin, A., Figueroa, V., Ly, J., Pérez, A., Carrillo, O. and Bayley, H.S. 1987. Torula yeast as protein source for molasses fed pigs. *Wissenschalichen Zeitschrift Rostock* 36:86-87.
- Minitab. 2009. Statistical Software. Minitab 15. Minitab In Company. State College (Pennsylvania), versión electrónica disponible *in* <http://www.minitab.com>.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press. Washington. District of Columbia, 189 p.
- Spencer, G. and Meade, G. 1957. Cane Sugar Handbook. A Manual for Cane Sugar Manufactures and their Chemists. John Wiley and Sons, In Company. New York, 833 p.
- Stanogias, G. and Pearce, G. 1985. The digestion of fibre by pigs. 1. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *British Journal of Nutrition* 53:513-530.
- Steel, R., Torrie, J. and Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw and Hill Book Company In Company (second edition). New York, 666 p.

- Van Keulen, J. and Young, S. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44:282-287.
- Van Leeuwen, P., Van Gelder, A., De Leeuw, J. and Van Der Klis, J. 2006. An animal model to study digesta passage in different compartments of the gastro-intestinal tract (GIT) as affected by dietary composition. *Current Nutrition and Food Science* 2:97-105.
- Wilfart, A., Montagne, L., Simmins, H., Noblet, J. and Van Milgen, J. 2007. Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. *British Journal of Nutrition* 98:54-62.

DESARROLLO SOSTENIBLE Y PROCESOS DE INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA: ¿UNA CONTRADICCIÓN?

Sustainable Development and Agricultural Intensification Processes: A Contradiction?

Adrián González¹, Astrid Márquez², Carlos Domínguez¹, Noemí Cañizales¹ y Constanza Rojas¹

RESUMEN

Esta revisión explora la posibilidad de compatibilizar las diferentes agendas para el desarrollo sostenible y los procesos de intensificación agrícola. Con este fin, se parte desde los conceptos tradicionales hasta las aproximaciones más contemporáneas, se comparan los principales paradigmas que han surgido con inspiración en la teoría de la sostenibilidad, y que mantienen cierto nivel de popularidad dentro de esta problemática en las ciencias agropecuarias. Como marco referencial, se rescata el planteamiento teórico y normativo sugerido por Hansen (1996); a partir del cual, es posible asumir e insertar la intensificación agrícola como un criterio relevante para el desarrollo sostenible al plantear la sostenibilidad como la propiedad que muestran los sistemas agrícolas de continuar en el tiempo dentro de ciertos umbrales de desempeño. Luego se estudia la temática de la producción agrícola desde la perspectiva de Malthus (1783) y Boserup (1965); así como las posturas de los seguidores y detractores de ambos enfoques, con el propósito de caracterizar mejor el debate asimilable dentro del campo de la intensificación agrícola, y su relación con las agendas para el desarrollo sostenible.

Palabras clave: población humana, producción de alimentos, manejo para la agricultura.

ABSTRACT

This review explores the possibility of reconciling the different agendas for sustainable development and the processes of agricultural intensification. To this end, we start from traditional concepts to more contemporary approaches, which are compared with the main paradigms that have emerged inspired by the theory of sustainability, and maintain certain level of popularity within the agricultural sciences. As a reference, it recovers the theoretical and normative approach suggested by Hansen (1996), from which it is possible to assume and insert agricultural intensification as a relevant criterion for sustainable development by considering sustainability as systems's property to continue over time within certain performance thresholds. Then we study the agricultural production thematic from the perspective of Malthus (1783) and Boserup (1965), as well as the positions of supporters and detractors of both approaches, with the purpose to characterize the debate within the field of agricultural intensification, and its relation to the sustainable development agendas.

Key words: human population, food production, management for agriculture

(*) Recibido: 21-02-2013

Aceptado: 05-06-2013

¹ Área de Ingeniería, Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de Los Morros, Guárico, Venezuela. email: agonzalez@unerg.edu.ve

² Área de Ciencias Económicas, Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de Los Morros, Guárico, Venezuela. email: amarquez@unerg.edu.ve

INTRODUCCIÓN

Entre las múltiples definiciones de intensificación agrícola destacan dos enfoques: uno que la plantea como un cambio gradual hacia patrones de uso de tierras donde es posible cultivar un área dada con más frecuencia, concepción apoyada entre otros investigadores por Ruthenberg (1980), Shriar (2000) y Demont *et al.* (2007). Por otro lado, se encuentra el enfoque basado en el incremento promedio de los factores de producción con el propósito de aumentar los rendimientos por unidad de superficie (Tiffen *et al.* 1994). Dentro de este paradigma es común observar que el énfasis está centrado en los insumos (fertilizantes, plaguicidas, trabajo, irrigación, y mecanización, y demás) o en la productividad por unidad de superficie expresada en peso, retorno calórico o valor monetario (Lambin *et al.* 2000). En ambos casos, desde el punto de vista socioeconómico ha sido discutido que la intensificación agrícola, vista como el fenómeno conocido con la denominación de “revolución verde”, falló en uno de sus principales objetivos, pues en muchos casos en lugar de constituir una vía para mejorar el nivel de vida de las comunidades rurales, ha contribuido con su empobrecimiento y ha beneficiado a los agricultores tradicionalmente ricos (Carswell 1997). Por otra parte, el vínculo entre los procesos de intensificación agrícola y su sostenibilidad no es claro. Por ejemplo, el papel de la intensificación en el problema de la deforestación, se encuentra lleno de controversias, y no hay consenso sobre si la intensificación agrícola pudiera contribuir con la preservación de los bosques (Tachibana 2001; Shively y Pagiola 2004) o si pudiera estimularla (Pichon 1996; Angelsen 1999; Bilsborrow y Carr 2000).

Dentro de esta temática, un aspecto que permanece abierto es si la intensificación de los sistemas de producción necesaria para satisfacer los requerimientos alimenticios de una población creciente, podría ser lograda mientras

se reúnen los estándares ambientales y socio-económicos y, sí estos son capaces de permanecer en el tiempo (Pretty 2008). En este sentido, la presente revisión persigue discutir la naturaleza de los procesos de intensificación agrícola dentro del paradigma del desarrollo sostenible, visto como la propiedad de los sistemas agropecuarios de perdurar dentro de ciertos umbrales de desempeño. Se presentan definiciones generales para estudiar la operacionalización de la sostenibilidad agrícola; y por último, se describen las principales teorías que han servido de base para la comprensión de los procesos de intensificación agrícola.

Sostenibilidad agrícola. Aspectos teóricos y normativos.

Transcurridas casi tres décadas desde la introducción formal del término desarrollo sostenible (Bruntland 1987), se ha constituido en el objetivo fundamental de los procesos de toma de decisiones y de formulación de políticas públicas. No obstante, en el medio académico la ausencia de consenso se manifiesta en la diversidad de definiciones propuestas, que en el ámbito agrícola se traducen en al menos cuatro significados o interpretaciones de sostenibilidad, que conforman a su vez los dos paradigmas predominantes (Fig. 1).

El primer paradigma, que la plantea como un enfoque de manejo de la agricultura, caracterizado por proponer la sostenibilidad como alternativa a los impactos negativos propios de la agricultura convencional, dentro de esta tendencia se encuentran tanto las interpretaciones de sostenibilidad que la conciben como una ideología (Francis y Youngberg 1990; MacRae *et al.* 1990; Brandt 2005), como aquellas que la perciben como un conjunto de estrategias (Ruttan 1988; Carter 1989; Pretty 2008), cuyo fin último es neutralizar los impactos negativos asociados a la llamada agricultura convencional.

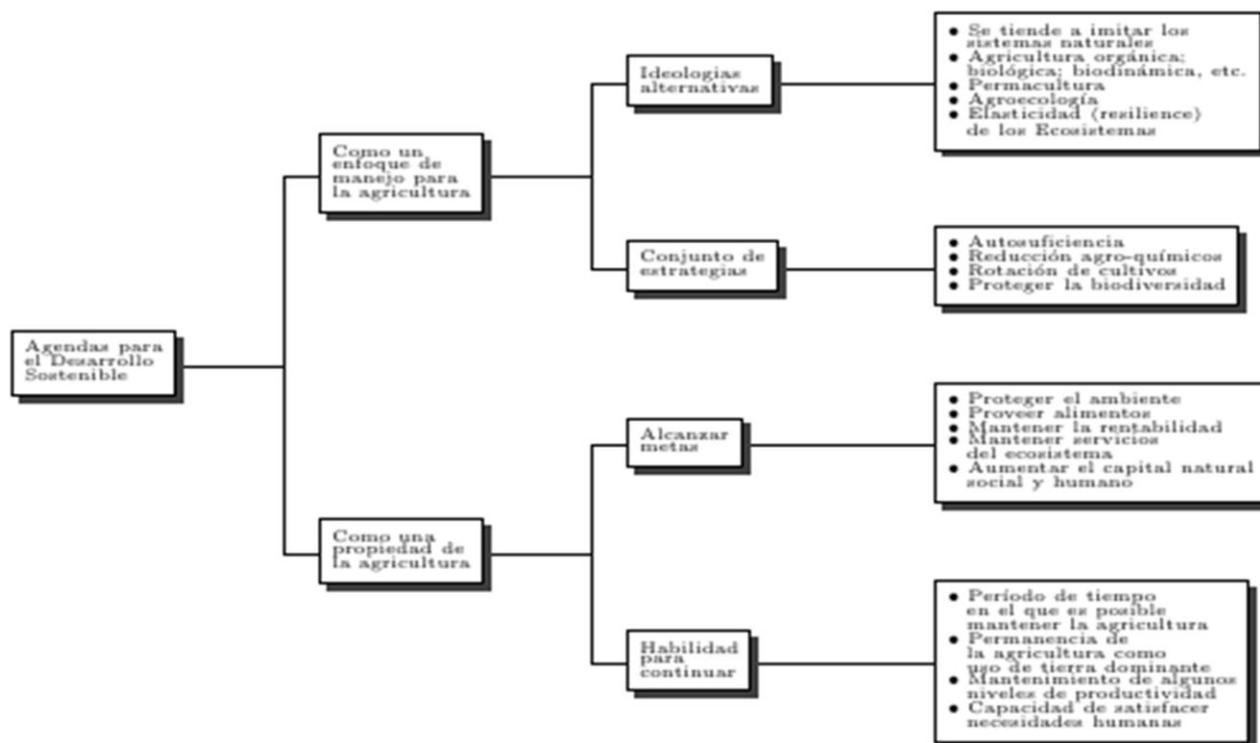


Figura 1. Principales agendas para el desarrollo sostenible, adaptado a partir de Hansen (1996).

En el segundo paradigma, la sostenibilidad es vista desde la perspectiva de la amenaza a la agricultura como consecuencia de los cambios globales, dentro esta tendencia se inscriben las interpretaciones que la presentan por una parte, como la capacidad de los sistemas agrícolas para alcanzar determinadas metas (Harwood 1990; Rodríguez *et al.* 2006; Pretty 2008), y por la otra, como la probabilidad de la agricultura, y los servicios del ecosistema asociados, para mantenerse en el tiempo frente a las amenazas (Conway 1985; Gray 1991; Agrawal 2001; Lebel 2006; Lemos y Agrawal 2006; Paavola y Adger 2006).

No obstante, la probada utilidad del concepto de sostenibilidad en la fusión de preocupaciones y en la motivación de cambios, no se ha extendido a su aplicación como criterio orientador del cambio agrícola. Tal restricción es atribuida por Hansen (1996), a la tendencia a interpretarla como una alternativa a la agricultura convencional, en lugar de concebirla como una propiedad de la agricultura, el mismo autor refiere adicionalmente seis requisitos que deben cumplirse en la caracterización del sistema.

Los primeros dos requisitos están referidos a la necesidad de adoptar la sostenibilidad con estricto apego al significado literal del vocablo, en consecuencia la misma debe entenderse como la capacidad del sistema de permanecer en el tiempo en primer término, interpretación que obliga a la adopción de una caracterización que privilegie el futuro sobre el presente y el pasado, espacio en el cual la sostenibilidad revela su utilidad. El tercer requisito hace alusión a la necesidad de abordar la caracterización desde la perspectiva de la teoría de sistemas, en consecuencia la clara jerarquización e identificación de los componentes del sistema, acompañada de la debida delimitación de sus fronteras es tarea imprescindible (Agrawal 2001; Lebel 2006; Lemos y Agrawal 2006; Paavola y Adger 2006).

La exigencia de emplear indicadores cuantificables (Monteith 1990; Harrington 1992; Pretty 2008), que permitan comparaciones entre sistemas y con enfoques alternativos, hace alusión al cuarto requisito; la influencia de la variabilidad e incertidumbre propias del entorno natural y su efecto sobre la capacidad de los sistemas de

permanecer en el tiempo requieren la adopción de un enfoque estocástico, que permita reconocer la variabilidad como determinante de la sostenibilidad del sistema y expresar las predicciones en términos de probabilidades (Rodríguez *et al.* 2006; Pretty 2008). El último requisito refiere la necesidad de orientar la caracterización a la identificación y jerarquización de las restricciones, indispensable a los fines de determinar las probabilidades de sostenibilidad del sistema.

Intensificación agrícola. Principales enfoques y definiciones

1. Definiciones e indicadores

En términos generales, la palabra intensificación es entendida como la acción de hacer algo más fuerte o más extremo, de allí que al extender el concepto a la esfera agrícola dentro del debate del desarrollo sostenible, pudiera interpretarse como las acciones que conducen a incrementar la frecuencia de cultivo o la producción obtenida de una superficie dada haciendo uso del capital humano, social y natural (Agrawal 2001), con la tecnología e insumos que minimicen el daño al medio ambiente (Pretty 2008). En este sentido, Boserup (1965) es precursor del enfoque basado en la frecuencia de cultivo, al definir la intensificación agrícola como “el cambio gradual hacia patrones de uso de las tierras que hacen posible el cultivo de un área dada con mayor frecuencia que antes”, perspectiva respaldada por Turner *et al.* (1977) y Ruthenberg (1980) por tan solo referir algunos. Por su parte Brookfield (1972), Turner y Doolittle (1978), Shriar (2000) y Demont *et al.* (2007), añadieron a la frecuencia de cultivos como expresión de intensificación, algunos indicadores asociados a los insumos agrícolas involucrados en los procesos productivos. Entre los autores que representan la intensificación agrícola mediante el producto obtenido por unidad de superficie, destaca la óptica de Tiffen *et al.* (1994), quienes la refieren como el

incremento del valor de la producción por hectárea como resultado del aumento promedio de insumos, fuerza de trabajo o capital con el propósito de incrementar el valor de la producción por hectárea.

Desde el punto de vista del debate sobre desarrollo sostenible, el análisis de la capacidad de absorción por parte del agro ecosistema de las perturbaciones ocasionadas por las unidades de producción que persiguen lograr altas producciones por unidad de superficie, nos conduce a la noción de elasticidad del ecosistema (Brandt 2005), la cual por definición, es la magnitud de perturbación que puede ser absorbida antes de que el sistema cambie su estructura (Holling y Gunderson 2002). Si bien en la literatura de intensificación agrícola no se aborda explícitamente este concepto, en opinión de algunos autores (Brandt 2005; Pretty 2008), el conjunto de indicadores empleados dentro de este campo pudieran fácilmente adaptarse con este fin. Como un breve adelanto, en la Tabla 1 se resumen las variables más usadas durante las últimas cuatro décadas en la construcción de indicadores de intensificación agrícola.

Una característica común de estos indicadores, es su interesante interpretación, a la luz de la implementación práctica de los principios de elasticidad de los ecosistemas en la medida en que los servicios provistos por éstos a las sociedades humanas pretendan ser mantenidos (Ehrlich y Ehrlich 1992; Daily *et al.* 1997). Un caso de particular interés dentro de esta temática se presenta cuando el manejo de algún servicio en particular afecta negativamente la provisión de otros (Rodríguez *et al.* 2006).

2. Teorías propuestas para explicar la intensificación de los sistemas de producción agrícola. Visión general.

Tabla 1. Algunos indicadores de intensificación agrícola propuestos.

Autor	Indicador	Variables
Boserup (1965)	Frecuencia de cultivo	Duración del barbecho y número de cultivos por año
Brookfield (1972)	Frecuencia, métodos y tipo de cultivo	Frecuencia de cultivo y barbecho, métodos de deforestación, uso de camellones, composteros, terraceo y riego
Brown y Podolefsky (1976)	Frecuencia de cultivo	Período de barbecho, uso de cercas, control de erosión, control de agua, preparación de suelos y fertilización
Turner <i>et al.</i> (1977)	Frecuencia de cultivo	Porcentaje de tierras cultivadas en relación al total de tierras aptas
Turner y Doolittle (1978)	Frecuencia de cultivo	Número de barbechos por año de cultivo, expresado como porcentaje
Ruthenberg (1980)	Frecuencia de cultivo	Porcentaje de tiempo bajo cultivo protección de cultivos, control hidráulico, mantenimiento de la fertilidad del suelo
Doan (1995)	Porcentaje de área cultivada (productividad)	Porcentaje dedicado a hortalizas y frutales, producción por unidad de área o persona
Shriar (2000)	Proporción de área cultivada y su manejo	Parcelas establecidas, cultivos de alto valor, producción, arado, fertilización, carga animal, rotación de cultivos, plaguicidas, cultivos permanentes
McAlpine y Freyne (2001)	Ciclos de cultivo-barbecho	Porcentaje de vegetación antropogénica reciente comparada con la vegetación primaria
Thapa y Rasul (2005)	Ciclos de cultivo-barbecho	Proporción de rotación de cultivos, horticultura, cultivos comerciales, cultivos anuales, promedio/ha: frutales y árboles madereros, bovinos, cerdos, ovinos-caprinos y aves, proporción de la producción usada para el consumo
Tappan y McGahuey (2007)	Uso y cobertura de los tipos de suelo	Porcentaje cultivado, sabana arbolada, sabana, bosque de galería, bosques
Demont <i>et al.</i> (2007)	Frecuencia de cultivo	Periodos de cultivo-barbecho fertilizantes, herbicidas e insecticidas

La evolución de los sistemas agrícolas ha sido abordada fundamentalmente a la luz de dos enfoques, los cuales pese a presentar variantes, coinciden al referir el crecimiento poblacional como el principal desencadenante de cambios, por ser la producción de alimentos la principal fuerza motivadora de las actividades agrícolas. La primera de estas teorías, inicialmente formulada por Malthus (1783), y suscrita por la corriente del pensamiento conocida como neo-maltusianos (Ehrlich 1968; Meadows 1972; Dasgupta 1995); entre otros, sostienen que por sus características intrínsecas el crecimiento poblacional inevitablemente excederá a la producción agrícola y conducirá a la destrucción de la base de recursos. En otras palabras, los neo-maltusianos afirman que el resultado final del afán humano de equiparar producción de alimentos y crecimiento poblacional no es otro que el agotamiento de los suelos bajo cultivo, lo que induce a las

personas a incorporar nuevas tierras a la producción, como medio para evitar las hambrunas causadas por la escasez de alimentos. No obstante, como resultado de la presión poblacional las tierras incorporadas terminan agotándose también (Moseley 2000).

La segunda corriente, encabezada por la teoría desarrollada por Boserup (1965), confiere al crecimiento poblacional un papel opuesto al adjudicado por Malthus y sus seguidores, al atribuirle un efecto positivo, ya que lejos de ocasionar la destrucción de los suelos, impulsa la adopción de prácticas que propician la disminución de los períodos de barbecho, con la consecuente intensificación en el uso de los suelos y en la producción total. En síntesis, los Boserupianos establecen una relación inversa entre duración de los períodos de barbecho y densidad poblacional. En otras palabras, la existencia de sistemas agrícolas con

largos períodos de barbecho, sólo son posibles cuando las densidades poblacionales son bajas; consecuentemente altas tasas de crecimiento poblacional, conducen a acortamientos de los períodos de barbecho; dando paso a la incorporación progresiva de prácticas que permiten obtener anualmente múltiples cosechas, tales como: control de malezas, fertilización, preparación de tierras y riego, entre otras.

Pese a que las teorías referidas son una sobre simplificación de la realidad (Stone 2001), estas proporcionan las bases para el análisis exhaustivo de las complejidades ecológicas, culturales y económicas, que inciden en la evolución de los sistemas y que en definitiva, impiden la formulación de un modelo único capaz de explicar a nivel mundial la evolución de los sistemas agrícolas (Grigg 1982). La teoría de la presión poblacional como factor determinante de los niveles de intensificación agrícola propuesta por Boserup (1965), cuenta con nutrido número tanto de seguidores (Brown y Podolefsky 1976; Turner *et al.* 1977; Ruthenberg 1980; Netting 1993) como de detractores (Conelly 1992; Padoch 1985).

Algunos críticos de este modelo argumentan que la escasez de tierras no es el único estímulo para intensificar, incluyen la reducción del riesgo (Saunders y Webster 1987) y la producción social (Brookfield 1972). Las críticas de Brookfield se profundizan posteriormente, cuando señala que el rol adjudicado por Boserup al crecimiento poblacional es “reduccionista”, y puntualiza que la diversificación de la producción, la búsqueda de mejoras de los ingresos obtenidos de la agricultura, la ejecución de inversiones, la implementación de nuevas maneras de usar y manejar los recursos son variables que ejercen mayor impacto sobre el cambio agrícola (Brookfield 2001).

Por su parte, la teoría de Boserup (1965) puede ser considerada la principal detractora de los postulados neo-maltusianos, al expresar

que “los neo- maltusianos recolectaron toda la evidencia de uso inapropiado de los suelos, y presentaron un retrato del mundo como un lugar donde la creciente población estaba presionando en contra de su potencial para producir alimentos, el cual resultaba gradualmente disminuido por la acción de la creciente población”. Basada en evidencia obtenida en un estudio efectuado en Uganda (Carswell 2002), también refuta el razonamiento neo-maltusiano, argumentando que los hallazgos empíricos muestran que las altas tasas de crecimiento poblacional exhibidas en el distrito de Kigezi, no ocasionaron ni erosión, ni deforestación y tampoco tuvieron efectos negativos sobre la fertilidad de los suelos ni sobre los rendimientos.

La controversia entre los seguidores de Malthus y Boserup permanece abierta, así lo sugieren los hallazgos reportados por Bilsborrow y Carr (2000), quienes concluyen que ni neo-maltusianos, ni “boserupianos” pueden explicar satisfactoriamente la naturaleza de los vínculos entre dinámica poblacional y cambios de usos de tierras en Latino América. Por su parte, la evidencia empírica recolectada por Demont *et al.* (2007) en el norte de Cote d’Ivoire, apuntan a la coexistencia de los procesos descritos. DeWilde (1967) adiciona a la presión poblacional, el acceso a los mercados y el predominio de los cereales en los patrones de cultivo como factores que podrían inducir tanto la intensificación en cultivo como las interacciones entre sistemas cultivo-ganadería.

Por su parte McIntire *et al.* (1992) tratan la intensificación como un proceso estrechamente vinculado a las acciones recíprocas entre población y cultivos-ganadería, que describen la trayectoria de una u invertida \cap , que alcanzan el máximo a niveles intermedios de densidad poblacional y dan paso a sistemas de producción especializados a niveles altos de densidad poblacional. Baltenweck *et al.* (2003) sostienen que las condiciones ecológicas y socio-económicas pueden afectar la trayectoria no lineal descrita

por McIntire *et al.* (1992). Hayami y Ruttan (1971) propusieron la tesis de la innovación inducida, según la cual los cambios en producción y productividad en los países en vías de desarrollo son el resultado de la adopción de nuevas tecnologías.

Esta hipótesis ha sido objeto de considerables críticas (Brookfield 1972; Blaut 1977; Olmstead y Rhode 1993) y de abundante apoyo también (Lele y Stone 1989; Lipton 1989; Turner *et al.* 1993). Lipton (1989) afirma que el crecimiento poblacional puede incidir sobre la intensificación de dos maneras diferentes; en el primero de los casos, las mejoras en la producción serían el resultado de la generación de tecnologías impulsadas por la presión poblacional; en tanto que en el segundo de ellos, la intensificación sería propiciada por el aumento de la mano de obra empleada por hectárea, al presentar ésta una abundancia relativa en relación a los restantes factores de producción, gracias al crecimiento poblacional.

Lipton (1989) también argumenta que en presencia de crecimiento poblacional ambos tipos de intensificación son requeridos a los fines de lograr disminuir la pobreza, garantizar la disponibilidad de alimentos y contrarrestar las restricciones. En tanto que Lele y Stone (1989) concluyen que la intensificación de la agricultura ocurre espontáneamente cuando las tierras son cultivadas más frecuentemente como respuesta a las mayores densidades poblacionales, o por el contrario, ser el resultado de políticas agrícolas e incentivos que privilegien cultivos de mayor valor monetario.

El esbozo previo de las teorías desarrolladas para explicar el cambio agrícola demuestran tanto la diversidad de enfoques propuestos para tratar de explicar la intensificación, como la ausencia de evidencia conclusiva que confirme alguna de ellas, ya que todas exponen los hallazgos obtenidos al estudiar el fenómeno en diferentes localidades, que corroboran lo expresado por Grigg (1982), quien atribuye tales divergencias a la inmensa heterogeneidad de condiciones ecológicas,

culturales y económicas que impiden la formulación de un modelo único capaz de explicar la evolución de los sistemas agrícolas a nivel mundial.

CONCLUSIONES

La relación entre los procesos de intensificación y sostenibilidad constituye una tarea importante debido al impacto que tiene sobre la expansión de la frontera agrícola a nivel mundial. La intención de armonizar ambas concepciones desde una perspectiva teórica no es tarea trivial pero definitivamente pudiera resultar de utilidad para guiar el cambio en agricultura. Esta revisión plantea que no todos los procesos de intensificación agrícola se hallan atados al fenómeno de revolución verde; y que análogamente, su expresividad dentro de la temática de la sostenibilidad se plantea como una de las direcciones clave, que su caracterización debe ser sistémica, cuantitativa, estocástica, predictiva y asumida como la probabilidad de continuar en el tiempo dentro de umbrales claramente definidos.

REFERENCIAS

- Agrawal, A. 2001. Common property institutions and sustainable governance of resources. *World Development* 29(10): 1649–1672.
- Angelsen, A. 1999. Agricultural expansion and deforestation: Modelling the impact of population, market forces and property rights. *Journal of Development Economics* 58: 185–218.
- Baltenweck, I., Staal, S., Ibrahim, M., Manyong, V., Wis, T., Holmann, F., Jabbar, M., Patil, B. and DeWolff, T. 2003. Broad dimensions of crop-livestock intensification and interaction across three continents. In: Working paper, International Livestock Research Institute (ILRI), International Institute Centre for Tropical Agriculture (CIAT), International Institute of Tropical Agriculture (IITA), University of Peradeniya and BAIF, Nairobi. 124 p.

- Bilsborrow, R. and Carr, D. 2000. Population, agricultural land use and the environment in developing countries. In: Lee, D. and Barrett, C. (Eds.), *Tradeoffs or synergies? Agricultural intensification, economic development and the environment*, CABI, New York. pp. 35–55.
- Blaut, J. 1977. Two views of diffusion. *Annals of the Association of American Geographers* 67: 343–349.
- Boserup, E. 1965. *The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure*. G. Allen & Unwin, London. 108 p.
- Brandt, F. 2005. Ecological resilience and its relevance within a theory of sustainable development. UFZ Centre for Environmental Research, Leipzig-Halle. 223 p.
- Brookfield, H. 1972. Intensification and disintensification in Pacific agriculture. *Pacific Viewpoint* 13: 30–48.
- Brookfield, H. 2001. Intensification and alternative approaches to agricultural change. *Asia Pacific Viewpoint* 42(2/3): 181–192.
- Brown, P. and Podolefsky, A. 1976. Population density, agricultural intensity, land tenure, and group size in the New Guinea. *Ethnology* 15: 211–238.
- Bruntland, G. 1987. *Our common future: The world Commission on environment and development*. United Nations, Oxford University Press. Oxford, UK. 300 p.
- Carswell, G. 1997. Agricultural intensification and rural sustainable livelihoods. A think piece. En: *IDS working paper 64*, IDS, Brighton. 30 p.
- Carswell, G. 2002. Farmers and fallowing: agricultural change in Kigezi District, Uganda. *The Geographical Journal* 168 (2): 130–140.
- Carter, H. 1989. Agricultural sustainability: an overview and research assessment. *California Agriculture* 3: 16–18.
- Conelly, W. 1992. Agricultural intensification in a Philippine frontier community: impact on labor efficiency and farm diversity. *Human Ecology* 20: 203–223.
- Conway, G. 1985. Agroecosystems analysis. *Agric. Admin.* 20: 31–55.
- Daily, G., Alexander, S., Ehrlich, P., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P., Mooney, H., Postel, S., Schneider, S., Tilman, D. and Woodwell, G. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2: 1–16.
- Dasgupta, P. 1995. Population, poverty and the local environment. *Scientific American* 272(2): 40–45.
- Demont, M., Jouve, P., Stessens, J. and Tollens, E. 2007. Boserup versus Malthus revisited: Evolution of farming systems in northern Cote d'Ivoire. *Agricultural Systems* 93: 215–228.
- DeWilde, J. 1967. Experiences with agricultural development in tropical Africa. *Journal of Farm Economics* 49 (4): 955–958.
- Doan, P. 1995. Population density, urban centrality, and agricultural intensification in Jordan. *Population Research and Policy Review* 14: 29–44.
- Ehrlich, P. 1968. *The population bomb*. Ballantine Books, New York. 226 p.
- Ehrlich, P. and Ehrlich, A. 1992. The value of biodiversity. *Ambio*, 21: 219–226.
- Francis, C. and Youngberg, G. 1990. Sustainable agriculture. An overview. En: *Sustainable agriculture in temperate zones*. Francis, C., Flora, C., and John, L. (Eds). Wiley Sons, New York, pp. 1–23.

- Gray, R. 1991. Economic measures of sustainability. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 4: 627–635.
- Grigg, D. 1982. The dynamics of agricultural change: the historical experience. Hutchinson, London. 260 p.
- Hansen, J. 1996. Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural Systems* 50: 117–143.
- Harrington, L. 1992. Measuring sustainability: issues and alternatives. *Journal of Farming Research and Extension* 3: 1–20.
- Harwood, R. 1990. A history of sustainable agriculture. En: *Sustainable Agricultural Systems*. Edwards, C., Lal, R., Madden, P., Miller, R. and House, G. (Eds). Soil and Water Conservation Society, Iowa, pp. 3–19.
- Hayami, Y. and Ruttan, V. 1971. *Agricultural development: an international perspective*. The John Hopkins University Press, Baltimore. 512 p.
- Holling, C. and Gunderson, L. 2002. Resilience and Adaptive Cycles. In: *Panarchy; understanding transformation in human and natural systems*, Island Press, Washington, DC. pp 25-62.
- Lambin, E., Rounsevell, M. and Geist, H. 2000. Are agricultural land-use models able to predict changes in land use intensity? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82: 321–331.
- Lebel, L. 2006. Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1): 1-21.
- Lele, U. and Stone, W. 1989. Population pressure, the environment and agricultural intensification. Variations on the Boserup hypothesis. The World Bank, Washington. p 79.
- Lemos, M. and Agrawal, A. 2006. Environmental governance. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 31: 297–325.
- Lipton, M. 1989. Responses to rural population growth: Malthus and the moderns. *Population and development review*. En: *Rural development and populations: Institutions and policy* 15: 215–242.
- MacRae, R., Hill, S., Mehuys, G. and Henning, J. 1990. Farm-scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. *Advances in Agronomy* 43: 155–198.
- Malthus, T. 1783. *An essay on the principle of population*. J. Johnson. London, 126 p.
- McAlpine, J. and Freyne, D. 2001. Land use change and intensification in Papua New Guinea. *Asia Pacific Viewpoint* 42: 209–218.
- McIntire, J., Bouzart, D. y Pingali, P. 1992. *Crop-livestock interactions in Sub-Saharan Africa*. The World Bank. Washington. 246 p.
- Meadows, D. 1972. *The limits to growth*. Earth Island Ltd, London. 23 p.
- Monteith, J. 1990. Can sustainability be quantified? *Indian Journal of Agricultural Research and Development* 5(1): 1–5.
- Moseley, W. 2000. Paradoxical constraints to agricultural intensification in Malawi: the interplay between labor, land and policy. In: *Discussion Paper Series*, The University of Georgia. 31 p.
- Netting, R. 1993. *Smallholders, householders: farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture*. Stanford University Press, Stanford. 416 p.
- Olmstead, A. and Rhode, P. 1993. Induced innovation in American agriculture: a reconsideration. *The Journal of Political Economy* 101: 100–118.

- Paavola, J. and Adger, V. 2006. New institutional economics and the environment: conceptual foundations and policy implications. University of East Anglia. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), EDM 02-06, Norwich, UK. 31 p.
- Padoch, C. 1985. Labor efficiency and intensity of land use in rice production. An example from Kalimantan. *Human Ecology* 13: 271–289.
- Pichon, F. 1996. The forest conversion process: a discussion of the sustainability of predominant land uses associated with frontier expansion in the Amazon. *Agriculture and Human Values* 13(1): 32–51.
- Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 447–465.
- Rodriguez, J., Douglas, T., Bennett, E., Cumming, G., Cork, S., Agara, J., Dobson, A. y Peterson, G. 2006. Trade-offs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and Society* 11(1):28.
- Ruthenberg, H. 1980. Farming systems in the tropics. Claredon Press. Oxford University Press, New York. 424 p.
- Ruttan, V. 1988. Sustainability is not enough. *American Journal of Alternative Agriculture* 3: 128–130.
- Saunders, W. and Webster, D. 1987. Unilinealism, multilinealism and the evolution of complex societies. In: Redman, C. and Berman, M. (Eds.), *Social archaeology: beyond subsistence and dating*, Academic Press, New York. pp 249-302.
- Shively, G. and Pagiola, S. 2004. Agricultural intensification, local labor markets, and deforestation in the Phillipines. *Environment and Development Economics* 9: 241–266.
- Shriar, A. 2000. Agricultural intensification and its measurements in frontier regions. *Agroforestry Systems* 49: 301–318.
- Stone, G. 2001. Agricultural change theory. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, Pergamon, Oxford, pp. 329–333.
- Tachibana, T. 2001. Agricultural intensification versus extensification: A case study of deforestation in the Northern-hill region of Vietnam. *Journal of Environmental Economics and Management* 41: 44–69.
- Tappan, G. and McGahuey, M. 2007. Tracking environmental dynamics and agricultural intensification in southern Mali. *Agricultural Systems* 94(1): 38–51.
- Thapa, G. and Rasul, G. 2005. Patterns and determinants of agricultural systems in the Chittagong Hill Tracts of Bangladesh. *Agricultural Systems* 84(3): 255–277.
- Tiffen, M., Mortimore, M. and Gichuki, F. 1994. More people, less erosion. environmental recovery in Kenya. John Wiley & Sons, Chichester, England. 311 p.
- Turner, B. y Doolittle, W. 1978. The concept and measure of agricultural intensity. *The Professional Geographer* XXX (3): 297–301.
- Turner, B., Hanham, R. and Portararo, A. 1977. Population pressure and agricultural intensity. *Annals of the Association of American Geographers* 67:384-396.
- Turner, D., Koerper, G., Gucinski, H., Peterson, C. and Dixon, R. 1993. Monitoring global change: comparison of forest cover estimates using remote sensing and inventory approaches. *Environmental Monitoring and Assessment* 26(2-3): 295–305.

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 UNELLEZ. 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*. 2nd edition, Cambridge University Press, New York. 299 p.

Autores intelectuales por capítulo

Mancilla, L. 1999. Suplementación estratégica de bovinos a pastoreo con bloques multinutricionales artesanales. *In* Tejos, R., Zambrano, C., Mancilla, L. y García, W.,

eds. V Seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistema de producción animal. UNELLEZ, Barinas. pp. 61-82.

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

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

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

Libros traducidos

Holdridge, L. 1979. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. de 1^a. 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.