



La Universidad que siembra

ISSN 1012-7054
ISSN 2524-1990 (electrónico)

REVISTA
UNELLEZ DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Volumen 36 - 2018
enero - diciembre

Depósito legal pp 198302 BA 171

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA
Guanare - Venezuela



La Universidad que Siembra

ISSN 1012-7054
ISSN 2524-1990 (Electrónico)
**REVISTA
UNELLEZ DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**Volumen 36 – 2018
enero - diciembre**

Depósito legal pp 198302 BA 171

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA

Guanare - Venezuela

UNIVERSIDAD EZEQUIEL ZAMORA
Consejo Directivo Universitario

Prof. Alberto Quintero
Rector

Prof. Oscar Ernesto Hurtado Jara
Secretario General

Mg. Jesús Manuel Monsalve
Vice-Rector de Servicios

Profa. Arlene Josefina Vergaras
Vice-Rectora de Planificación y Desarrollo Social
Barinas, estado Barinas

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

Dr. Wilmer J. Salazar
Vice-Rectora de Infraestructura y Procesos Industriales
San Carlos, estado Cojedes

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

Prof. Raúl García Palma
Secretaria Ejecutivo de Creación Intelectual

Prof. Lino Rodríguez
Secretario Ejecutivo de Extensión

REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La revista Unellez de Ciencia y Tecnología es una publicación anual de la Universidad Ezequiel Zamora, subvencionada por la misma Universidad y el estado venezolano, fundada en 1982, inicialmente se publicaba a través de las series Producción Agrícola y Ecosociales; a partir de 1995 se crearon dos revistas independientes y a la serie Producción Agrícola se asignó continuidad en el nombre. Desde su creación ha mantenido la periodicidad propuesta. La edición y composición se lleva a cabo en el Vicerrectorado de Producción Agrícola de la Universidad Ezequiel Zamora, en la actualidad el tiraje es de 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://www.unellez.edu.ve>, unellez virtual, revistas electrónicas ó investigación, revistas, o <http://150.187.77.68/revistas/>.

MISIÓN

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

VISIÓN

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

OBJETIVOS DE LA REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

Toda correspondencia debe dirigirse a:
Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología,
Universidad Ezequiel Zamora UNELLEZ, Guanare, Venezuela o
Directamente al comité editorial
UNELLEZ, Mesa de Cavacas, Guanare, Portuguesa, Venezuela.
E-mail: revistaunellezcyt@unellez.edu.ve
revistaunellezcyt@gmail.com

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

Copyright

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

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

REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Publicación anual de la Universidad Ezequiel Zamora

Volumen 36 – 2018

enero - diciembre

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

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

CONSEJO DE REDACCIÓN

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

REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Volumen 36 - 2018

enero – diciembre

CONTENIDO

Artículo	Páginas
Efecto de tres sustratos sobre el crecimiento de plántulas de caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> king) en vivero Carmen Giménez y Thaida Berrío.....	1-7
Cálculo de la precipitación efectiva a través del modelo CropWat bajo condiciones de los llanos occidentales venezolanos. ¿Cuál método utilizar? José Gabriel Vargas y Nelys Escobar.....	8-16
Cambio del paisaje en la subcuenca río Anús (1996-2016), estados Trujillo y Portuguesa, Venezuela. Jhon Antonio Méndez Ortiz.....	17-23
Pruebas serológicas para el diagnóstico de brucelosis en ovinos. Yumaris Árias Linares.....	24-29

REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Volumen 35 - 2017
enero – diciembre

CONTENT

Article	Pages
Effect of three substrates on seedling growth mahogany (<i>Swietenia macrophylla</i> king) nursery. Carmen Giménez y Thaida Berrío.....	1-7
Calculation of effective rain fall across the CropWat model low conditions of the venezuelan western plains. What method to use? José Gabriel Vargas y Nelys Escobar.....	8-16
Change of the landscape in the river Anús basin (1996-2016), Trujillo and Portuguesa states, Venezuela. Jhon Antonio Méndez Ortiz.....	17-23
Serological tests for the diagnosis of brucellosis in sheep. Yumaris Árias Linares.....	24-29

EFFECTO DE TRES SUSTRATOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAOBA (*Swietenia macrophylla king*) EN VIVERO*

Effect of three substrates on seedling growth mahogany (*Swietenia macrophylla king*) nursery

Carmen Giménez¹ y Thaida Berrío¹

RESUMEN

El trabajo se efectuó en la ciudad de Guanare, estado Portuguesa, en el sector La Comunidad Vieja, y tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres sustratos sobre el crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla King*) en vivero; el experimento fue instalado como un diseño completamente aleatorizado, se evaluaron tres tipos de sustratos: S₁ tierra negra (100 %). S₂: tierra negra (50 %) y arena (50 %). S₃: tierra negra (50 %), arena (30 %) y compost de bovino (20 %). Para cada uno se usaron 20 plantas (repeticiones) para un total de 60 plantas. A los sustratos se les determinaron las siguientes variables físicas: porosidad, contenido de humedad con base al peso, capacidad de retención de agua y variables químicas: pH y conductividad eléctrica. A las trece semanas de edad de las plántulas se evaluaron las siguientes variables morfométricas: altura, longitud de raíz, ancho, largo y número de hojas. Los resultados evidenciaron que los sustratos S₁ y S₂ favorecieron el desarrollo morfológico de las plántulas, ya que alcanzaron altura promedio de 21,5 cm, longitud de raíces de 21,95 cm y el número de hojas formadas por plántulas osciló entre 18 y 20.

Palabras clave: morfología, caoba, porosidad, semilla, Portuguesa

ABSTRACT

The work was carried out in the city of Guanare, Portuguesa state, in the sector of the Comunidad vieja, and its objective was to evaluate the effect of three substrates on the growth of mahogany seedlings (*Swietenia macrophylla King*) in nursery; the experiment was installed as a completely randomized design, three types of substrates were evaluated: S₁ black earth (100 %). S₂: black earth (50 %) and sand (50 %). S₃: black earth (50 %), sand (30 %) and bovine compost (20 %). For each one, 20 plants (repetitions) were used for a total of 60 plants. The following physical variables were determined for the substrates: porosity, moisture content based on weight, water retention capacity and chemical variables: pH and electrical conductivity. At thirteen weeks of age of the seedlings the following morphometric variables were evaluated: height, root length, width, length and number of leaves. The results showed that substrates S₁ and S₂ favored the morphological development of the seedlings, as they reached an average height of 21.5 cm, root length of 21.95 cm and the number of leaves formed by seedlings ranged between 18 and 20.

Key words: morphology, mahogany, porosity, seed, Portuguesa

(*)Recibido: 10-12-2017

Aceptado: 15-11-2018

¹Programa Ciencias del Agro y del Mar, Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po., Venezuela. Email: carmengimenez12@gmail.com; thberrio@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla* king) es un árbol que se reproduce fácilmente; un fruto puede contener entre 50 y 60 semillas. La sobreexplotación debido a la alta cotización de su madera, aunado a la destrucción de sus hábitats naturales para el establecimiento de viviendas y actividades agropecuarias, ha causado una disminución severa de sus poblaciones naturales (Harrington *et al.* 1994).

Esta especie está considerada en peligro crítico (Llamozas *et al.* 2003), se encuentra en veda según Resolución Ministerial (2006), a su vez, todas las poblaciones neotropicales de caoba están incluidas en el Apéndice II de CITES (2002), el cual rige la reglamentación para su comercio internacional.

En el vivero, la producción de plántulas de alta calidad requiere de buen material genético y de tecnología adecuada en el proceso de producción. En tal sentido, el sustrato en el que la caoba desarrollará sus primeros estadios de vida es fundamental para su buen desarrollo morfológico (Hartmann *et al.* 2010). El sustrato es el medio en el cual las raíces crecerán por un corto periodo de tiempo, siendo muy importante, porque de este depende la calidad inicial de las plántulas (Montoya y Cámara 2010).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar en vivero el efecto de tres sustratos en el crecimiento de plántulas de caoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de semillas

Los frutos fueron recolectados en el campus de la UNELLEZ-Guanare, ubicada en sector Mesa de Cavacas, municipio Guanare y provenían de plantas madres con buen estado fitosanitario, fuste recto, sin presencia de plagas y enfermedades. Una vez colectados se colocaron a la sombra hasta que presentaron su dehiscencia.

Preparación de sustratos.

Se prepararon tres sustratos a partir de mezclas de los principales componentes de uso común y de fácil obtención en la zona. **Sustrato 1 (S₁):** tierra negra (100 %), **Sustrato 2 (S₂):** tierra negra (50 %) y arena (50 %), **Sustrato 3 (S₃):** tierra negra (50 %), arena (30 %) y compost de bovino (20 %). De cada sustrato se recolectó una muestra de 1kg, luego se colocó en bolsas separadas e identificadas, posteriormente fueron procesadas y analizadas en el laboratorio de suelos de la UNELLEZ-Guanare.

Ubicación del ensayo

Esta investigación se llevó a cabo en el sector La Comunidad Vieja, Guanare, estado Portuguesa Venezuela ubicado en las siguientes Coordenadas UTM: Este 0419428, Norte 1001933.

Diseño Experimental

Se usó un diseño completamente al azar y se evaluaron tres sustratos (tratamientos), cada uno con 20 plantas (repeticiones) para un total de 60 plantas.

Variables evaluadas a los sustratos

Físicas

Porosidad, contenido de humedad con base al peso y capacidad de retención de agua. Para el cálculo se empleó la metodología descrita por Bravo *et al.* (1996).

Para los cálculos de las variables se emplearon las siguientes fórmulas:

$$P_{\text{Total}} (\%) = \frac{\frac{M_{\text{sh}} - M_{\text{ss}}}{V_{\text{a}} + V_{\text{p}}}}{V_{\text{c}}}$$

$$V_{\text{a}} = V_{\text{c}} - V_{\text{w}} - V_{\text{s}}$$

$$V_s = \frac{M_{ss}}{D_r}$$

$$V_w = M_{sh} - M_{ss}$$

$$\Theta_m = \frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} \times 100 \%$$

$$CRA = \frac{M_{sh} - M_{ss}}{V_c} \times 100 \%$$

Donde:

D_r = Densidad real (2,65g/cm³).

M_{ss} = Masa del sustrato seco.

M_{sh} = Masa del sustrato húmedo.

V_c = Volumen del cilindro (293cm³).

P_{Total} = Porosidad total.

V_a = Volumen del aire.

P_a = Peso específico del agua (1g x cm³).

V_w = Volumen del agua.

V_s = Volumen del suelo.

Θ_m = Contenido de humedad con base al peso (%).

CRA = Capacidad de retención de agua (%).

Químicas: pH (potenciométrico), se pesaron 20 g de cada sustrato, se molió, tamizó y fueron colocadas cada una en beakers de 50 ml, se añadió 40 ml de agua destilada; se agitó con una varilla de vidrio hasta homogenizar; se dejó reposar por 30 min, finalmente se realizaron las lecturas con el pHmetro.

Conductividad eléctrica (conductimétrico): se preparó una solución de cloruro de potasio 1N, para un litro de solución se disolvió 0,7456 g de KCL previamente secado a 105 °C, en 500 ml de agua destilada se agitó y se enrasó.

Del extracto obtenido en el análisis de pH sedimentado de las muestras de S_1 , S_2 y S_3 , transcurrido 6 h, se colocó el extracto en un cilindro graduado de 50 ml o en un tubo de centrifugar de 100 ml y se procedió a la lectura de conductividad eléctrica de los tres extractos.

Variables morfométricas

Altura de plántula. Se midió desde el nivel del cuello hasta la yema apical, tal como lo realizó Morales (2013), con frecuencia semanal, durante 13 semanas.

Longitud de la raíz principal. Se procedió a cortar la bolsa de polietileno, luego se lavaron las raíces hasta quedar expuestas, posteriormente se separaron de la base del tallo mediante cortes con navaja y se midió la longitud de la raíz principal de 10 plántulas tomadas al azar de cada sustrato. Esta variable se midió en la semana 13.

Ancho de hoja. Con una regla graduada se midió en la parte más ancha de las hojas adultas de 10 plántulas seleccionadas al azar de cada sustrato, esta variable se midió en la semana 13.

Largo de hoja. Con una regla graduada se midió el largo de las hojas adultas desde la base hasta el ápice, de cada una de las 10 plántulas seleccionadas al azar de cada sustrato, esta variable se midió en la semana 13.

Número de hojas. Consistió en contar el número de hojas completamente desarrolladas de 10 plántulas seleccionadas al azar. Observación realizada en la semana 13.

Con relación a las labores agronómicas, el riego se realizó de manera uniforme dos veces al día y el control de malezas fue manual.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico Statistix versión 8.0 y los promedios se discriminaron mediante la pruebas de comparación de medias de Tukey (5 %).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los sustratos

VARIABLES FÍSICAS

Porosidad Total (PT): todos los sustratos presentaron una PT superior al 50 %, siendo el S₂ menos poroso con 72 % y el más poroso S₃ con 76 % (Tabla 1), todos mostraron valores muy cercanos al valor óptimo señalado por García (2007), quien indicó como adecuado un rango entre 60 y 80 %. Es necesario conocer las mezclas y tipo de material de los sustratos, así habrá información sobre la cantidad de espacio poroso total disponible para una buena exploración y formación de raíces, así como también la cantidad de agua disponible para las plántulas Baudoin *et al.* (2002).

Contenido de humedad con base al peso (CHP): en el Tabla 1 se observa que los sustratos S₁ y S₃ presentaron mayor CHP (31 y 37%, respectivamente), mientras que S₂ presentó 20%; cantidad inferior a los rangos considerados como óptimos, según Baudoin *et al.* (2002). El valor de S₂ puede deberse a que estén asociados a pérdidas de agua por gravedad, por poros muy grandes que imposibilitan la extracción de agua por la planta ya que percola muy rápido (Abad 1993; Ansorena 1994).

Tabla 1. Variables físicas y químicas de los sustratos.

Sustratos	PT (%)	CHP (%)	CRA (%)	pH	C.E (Ds/m)
S ₁	75	31	21	6,2	1,46
S ₂	72	20	16	6,2	0,99
S ₃	76	37	22	6,3	1,16

PT= Porosidad total. CHP= Contenido de humedad con base al peso. CRA=Capacidad de retención de agua. CE= Conductividad eléctrica. (S₁): tierra negra (100 %); (S₂): tierra negra (50 %), arena (50 %), (S₃): tierra negra (50 %), arena (30 %), compost de bovino

Caracterización de plántulas

Altura: se detectaron diferencias ($p < 0,01$) en el tiempo por el natural crecimiento de las plántulas. Las del S₂ tuvieron las menores alturas al comienzo de las evaluaciones pero a partir de la sexta semana, comenzaron a superar las de los otros sustratos y esta diferencia aumentó progresivamente con el tiempo.

Capacidad de retención de agua: la capacidad de retención de agua para los tres sustratos fue de 21; 16 y 22 % para S₁, S₂ y S₃ respectivamente (Tabla 1), hace deducir que tanto la tierra negra como el compost favorecen a las plántulas al disponer del agua necesaria para su crecimiento. En los sustratos interesa conocer la capacidad de retención de agua fácilmente disponible y no la capacidad de retención total de agua ya que su disponibilidad se manipula con la frecuencia y el volumen de riego, especialmente en contenedores de celda pequeña que están más expuestos a la desecación (Abad y Noguera 2000).

VARIABLES QUÍMICAS

pH: los sustratos S₁, S₂ y S₃ presentaron pH de 6,2; 6,2 y 6,3 respectivamente (Tabla 1), siendo estos valores ligeramente ácidos (Solórzano 2010). Un valor óptimo se ubicaría entre 5,5 y 6,8; aunque la mayoría de los nutrientes presentan su máximo nivel de asimilación entre 5,0 a 6,5 (Abad y Noguera 2000). Jiménez y Caballero (1990) indicaron que para la mayoría de las plantas, el pH óptimo se sitúa entre 5,5 y 6,5.

Conductividad eléctrica: los sustratos S₁ y S₃ presentaron 1,46 y 1,16 Ds/m, respectivamente (Tabla 1) considerados ambos como valores medios según Solórzano (2010).

Alcanzaron una altura promedio de 21,5 cm mientras que las de S₁ y S₃ alcanzaron 20 y 19,2 cm, respectivamente (Figura 1), esto nos hace llegar a la conclusión de Mateo *et al.* (2011), señalan que la caoba presenta problemas de crecimiento en sustratos de alto contenido de tierra negra; por otra parte es importante su consideración a largo plazo para observar las variaciones de alturas en función al sustrato (Figura 1).

De acuerdo con Gary y Thomas (2014) en los contenedores del mismo tamaño, la altura y el diámetro de tallo de la plántula han probado ser los

rasgos morfológicos más importantes que afectan la calidad, y por lo tanto, las dos variables más utilizadas para evaluaciones de clasificación.

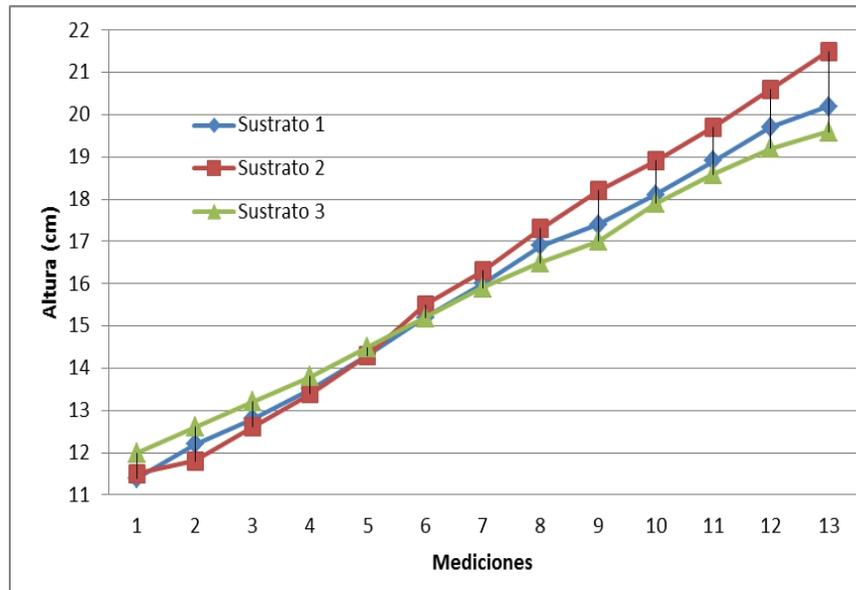


Figura 1. Promedio de altura de plántulas de caoba en tres sustratos.

Longitud de las raíces: no se encontraron diferencias significativas para la longitud de las raíces, no obstante para S₁ y S₃ los valores fueron mayores (21,95 y 21,21cm, respectivamente) que los de S₂ (20,47 cm) (Tabla 2). Según Gonzáles (1995), mayor longitud y número de raíces garantizaría mejor desempeño en campo, ya que cuanto más grande sea el sistema radicular de la planta, más puntos de crecimiento se tendrán y habrá mayor capacidad de explorar el suelo para captar nutrientes. La obtención en vivero de sistemas radicales más abundantes y mejor desarrollados tiene una estrecha relación con la capacidad absorbente de la planta, por lo que

garantiza mejor supervivencia en campo (Oliet 2000).

Ancho, largo y número de hojas: sólo para LH hubo diferencias ($p < 0,01$), las plántulas crecidas en el S₁ presentaron el mayor valor (11,47 cm), este sustrato a su vez propició mayor número de hojas (20), pero fueron menos anchas, lo cual no favorece la captación de luz solar, ya que mientras más área foliar presente la planta, mayor será su capacidad fotosintética, lo cual se verá reflejado en la disponibilidad de azúcares para el crecimiento radical y aéreo; razón por la cual el S₂ es considerado como el mejor (8,7 y 10,64 cm para AH y LH, respectivamente).

Tabla 2. Valores morfométricos alcanzados por plántulas de caoba hasta la semana trece.

SUSTRATO	LR (cm)	AH (cm)	LH (cm)	NH(N°)
S ₁	21,95 a	5,08 a	11,47 a	20 a
S ₂	20,47 a	8,17 a	10,64 ab	18 a
S ₃	21,21 a	7,44 a	9,60 b	15 a

LR= longitud de la raíz. AH= Ancho de hoja. LH= Largo de hoja. NH=Número de hojas. (S₁): tierra negra (100 %); (S₂): tierra negra (50 %) y arena (50 %), (S₃): tierra negra (50 %), arena (30 %) y compost de bovino (20 %).

CONCLUSIONES

Las variables físicas y químicas presentaron poca variación entre los sustratos, sólo resalta el S₂ con menor contenido y retención de agua, cantidad suficiente para suplir las necesidades de la plántula.

Los sustratos utilizados no indujeron variaciones importantes en la longitud de raíz, ancho de hoja y número de hojas de las plántulas de caoba, no obstante, las que crecieron en el S₂ (50% de tierra negra y 50% de arena) presentaron hojas más anchas y la altura de las plántulas fue mayor a partir de la sexta semana, es decir, exhibieron mejor comportamiento, seguidas por las plántulas establecidas en S₁.

El S₃ (50 %; 30 % y 20 % de tierra negra, arena y compost de bovino, respectivamente) fue el menos favorable, las plántulas presentaron menor altura, número y largo de hojas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA, España. pp 47-62.
- Abad, M. y Noguera, P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Grupo Mundi Prensa. Almería, España. pp. 137-184.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Madrid: Mundi-Prensa. 171 p.
- Baudoin, W., Nisen, M., Verlodt, R., Jiménez, O., De Villele, G., La Malfa, V., Zabeltitz, P., Martínez, J. y Monteiro, A. 2002. El cultivo protegido en el clima mediterráneo. In: Medios y Técnicas de Producción. Suelo y Sustratos. FAO. Roma. pp 143-182.
- Bravo, S., Delgado, F., González, R., Pérez, J., Schargel, R. 1996. Manual de prácticas de edafología. Editorial universitaria REUNELLEZ. Barinas, Vicerrectorado de Producción Agrícola 250 p.
- Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES). 2002. Apéndice II. [documento en línea]. En: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>. [enero de 2015].
- García, M. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. Concordia, Entre Ríos, Argentina. [Documento en línea]. En: <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf> [septiembre de 2015].
- Gary, R. y Thomas, L. 2014. Evaluación de la calidad de la planta. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. [Libro en línea]. En: https://rngr.net/publications/ctnm/espanol/volumen-uno/PDF.2004-07-16.1726/at_download/file [octubre de 2015].
- González, K. 1995. Tipos de envases en viveros forestales. In: Viveros forestales. Publicación especial No. 3. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Eco sistemas Forestales. INIFAP -SAGARPA. México, D. F. pp. 26-30.
- Handreck, K., y Black, N. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. University of New South Wales Press Ltd. Australia. 542 p.
- Hartmann, H., Kester, D. y Ambrosio, E. 2010. Propagación de plantas: principios y prácticas. CECSA. México, D.F. 760 p.
- Harrington, J., Mexal, J., Fisher, T. 1994. Propagación de especies de explotación agroforestal. Árbol Plantadores Notas 45: 121-124.
- Jiménez, R. y Caballero, M. 1990. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Ediciones

de Horticultura SL. Barcelona, España. pp. 90-100.

Llamozas, S., Duno, R., Meier, W., Riina, R., Stauffer, F., Aymard, G., Huber, O. y Ortiz, R. 2003. Libro Rojo de la Flora Venezolana. 1^{da} edición. Fundación Empresas Polar. Fundación Instituto Botánico de Venezuela. Caracas. 557 p.

Mateo, J., Bonifacio, R., Pérez, S., Mohedano, L. y Capulin, J. 2011. Producción de *Cederela odorata* L y *Swietenia macrophylla* en respuesta al tipo de sustrato en vivero. En sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, Mexico. Ra Ximhai 7(1): 123-138. [Documento en línea]. En: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46116742012.pdf>[abril de 2018].

Montoya, J. y Cámara, O. 2010. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi- prensa. España. 127 p.

Morales, E. 2013. Indicadores de calidad de plantas en cuatro viveros forestales del estado de Tamaulipas. Facultad de ciencias forestales Universidad Autónoma de Nuevo León. México, DF. 62 p.

Oliet, J. 2000. La calidad de la postura forestal en vivero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.

Resolución Ministerial 2006. Vice-Ministerio de Ordenación y Administración Ambiental. Resolución Ministerial N ° 217 de fecha 23/05/2006.

Solorzano, M. 2010. Comportamiento de sustratos para el cultivo de plantas ornamentales en vivero. Tesis Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. 97 p.

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA A TRAVÉS DEL MODELO CROPWAT BAJO CONDICIONES DE LOS LLANOS OCCIDENTALES VENEZOLANOS. ¿CUÁL MÉTODO UTILIZAR?*

Calculation of effective rain fall across the CropWat model low conditions of the venezuelan western plains. What method to use?

José Gabriel Vargas¹ y Nelys Escobar²

RESUMEN

Se realizó un estudio para conocer el método de mejor ajuste a las condiciones de los *Llanos Occidentales Venezolanos* (LOV) al determinar la *Precipitación Efectiva* (PE). Los métodos fueron agrupados en: "A" (*Precipitación confiable*; formula FAO/AGLW (PC-FAO), formula empírica (F-Emp) y USDA Soil Conservation Service (USDA)) y "B" (*Precipitación efectiva=0* (PE0) y *Porcentaje fijo* (% F)). Para "A", se generó una tabla de *Precipitación Total Simulada* (PTS) con PE calculada a través del modelo *CropWat v-8.0* (CW8) y sus porcentajes. Se determinó: análisis de varianza (ANDEVA), *Coefficientes de Correlación de Pearson* ("r") y prueba de comparación de medias (Tukey 5 %). Para todos los métodos fueron contrastadas sus características con los supuestos teóricos que definen los basamentos deseados para el correcto cálculo de la PE en la gestión del riego. Se encontró evidencias significativas ($P < 0,05$) para asegurar que existen diferencias entre métodos e intra métodos (grupo "A"). Para USDA la PE fue superior a 95 % cuando la PTS fue inferior a 32,1 mm y cero para F-Emp y PC-FAO cuando ésta fue inferior a 10,2 y 16,8 mm, respectivamente. F-Emp sobreestimó la PE entre 50,1 y 66,5 mm de PTS. PC-FAO y F-Emp se ajustan a suelos con pendientes inferiores a 5 % y exhiben estructuras matemáticas similares (*Estimación Lineal*). Se concluye que PC-FAO puede ser utilizado bajo condiciones de los LOV, mientras que USDA no, F-Emp requiere calibración regional, PE0 se adecúa a situaciones de ambiente controlado y % F es útil donde las precipitaciones se mantengan dentro de rangos constantes (cultivos de ciclo corto).

Palabras clave: efectividad de la lluvia, precipitación total simulada y lluvia aprovechable.

ABSTRACT

A study was carried out to know the method that better adjust to the conditions of the Venezuelan Western Plains (VWP) when determining the Effective Precipitation (EP). The methods were grouped into: "A" (Reliable precipitation: FAO/AGLW formula (RP-FAO), empirical formula (Emp-F) and USDA Soil Conservation Service (USDA) and "B" (Effective precipitation = 0 (EP0) and Fixed Percentage (% F). For "A", was generated Simulated Total Precipitation (STP) table with EP calculated through the CropWat v-8.0 model (CW8) and its percentages. It was determined: variance analysis (ANDEVA), Pearson Correlation Coefficients ("r") and mean comparison test (Tukey 5 %). For all the methods were compared their characteristics with the theoretical assumptions that define the desired foundations for the correct calculation of EP in irrigation management. Significant evidence ($P < 0.05$) was found to ensure that there are differences between methods and intra methods (group "A"). For USDA the EP was higher than 95 % when the STP was less than 32.1 mm and zero for Emp-F and RP-FAO when it was less than 10.2 and 16.8 mm, respectively. Emp-F overestimated EP between 50.1 and 66.5 mm of STP. RP-FAO and Emp-F

(*)Recibido: 12-03-2018

Aceptado: 25-11-2018

¹Programa de Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. E-mail: vargasgijoseg@gmail.com

²Escuela Técnica Agropecuaria "Oscar Villanueva", Guanare 3350, Po. Venezuela

adjust to soils with slopes less than 5 % and exhibit similar mathematical structures (Linear Estimation). It is concluded that RP-FAO can be used under VWP conditions, while USDA does not, Emp-F requires regional calibration, PEO is suitable for controlled environment situations and % F is useful where rainfall remains within constant ranges (short cycle crops).

Key words: effective rainfall, total simulated precipitation and usable rain.

INTRODUCCIÓN

La precipitación pluvial es la principal fuente de agua para la producción agrícola en la mayor parte del mundo (Dastane 1975) y se constituye como el principal contribuyente para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos (Meseth y Yu 2014). Sin embargo, Dastane (1975) advirtió que las precipitaciones no son esencialmente útiles o convenientes en el momento, ritmo o magnitud de ocurrencia, y señaló que para la agricultura de secano, la PE significa lluvia útil o aprovechable por las plantas para su desarrollo.

En un sentido más amplio, Dastane (1975), Martínez y García (2004) y Malavé (2009) coincidieron en que la PE es aquella fracción de la Precipitación Total (PT) que permanece en el suelo para satisfacer las necesidades de agua de un cultivo y contribuir con su crecimiento, es decir, el agua que infiltra en el suelo y permanece al alcance de las raíces. No obstante, los meteorólogos no pueden evaluar el problema de la PE más que a partir de tablas de frecuencia, de la cantidad e intensidad de la lluvia o de los fenómenos físicos de la atmósfera (Dastane 1975).

Para facilitar este trabajo, Smith (1992) señaló el modelo de simulación virtual de la *Food Agriculture Organization* (FAO) llamado *CROPWAT*, desarrollado y concebido para el cálculo de los requerimientos hídricos de los cultivos, y con ello, el cálculo del calendario de riego. A este respecto, Smith (1992), Arteaga *et al.* (2011) y Morábito *et al.* (2015) reportaron que este modelo posibilita el cálculo de la PE para diferentes condiciones, al incluir cinco métodos: a) *PC-FAO*; fórmula empírica desarrollada en FAO/AGLW para estimar la lluvia confiable, b) *F-Emp*; métodos empíricos desarrollados localmente, c) *USDA*; ecuación desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, d)

PEO; no considerada para las estimaciones de riego y e) *% F*; que representa la precipitación probable a una probabilidad dada de excedencia.

Por su parte, Da Silva *et al.* (2010) recomendaron el uso de diferentes métodos en función de la variabilidad climática, en la determinación de la PE para el manejo del riego en caña de azúcar en la localidad de Goiana, Pernambuco, Brasil, como son: a) *% F* al 20 % para años con anomalías positivas en el Atlántico Sur Tropical, b) *PC-FAO* ó *% F* al 50 % para años regulares (cuando no hay predominio de cualquier sistema atmosférico a gran escala) y para años de eventos El Niño, c) *USDA* para períodos lluviosos y d) *% F* al 80 % para períodos secos. Este último coincide con Arteaga *et al.* (2011), quienes basaron sus cálculos de PE en el método *% F* al 80 % en un estudio para planeación y manejo del recurso hídrico a través del programa *CW8* en Veracruz, México.

Morábito *et al.* (2015) reportaron el cálculo de la PE a través del método *USDA* para determinar su distribución espacial y la evapotranspiración del cultivo de referencia para las provincias del centro-noreste de Argentina. Por su parte, Cleves *et al.* (2016) analizaron la aplicabilidad de los modelos agroclimáticos de simulación de cultivos *CW8* y *Aqua Crop* bajo la ocurrencia de eventos ENOS (El Niño-Oscilación del Atlántico Sur) y de cambio climático, pero no argumentaron la escogencia de métodos en ambos modelos.

Vargas (2015) calculó la PE a partir del método *F-Emp*, por considerar que este presentó mejor ajuste a los razonamientos teóricos, luego del análisis conjunto con *USDA* y *PC-FAO*, asociados a un estudio de integridad de datos climáticos de una estación meteorológica ubicada en los LOV. Estos métodos no siempre son

representativos para cada situación, y en general, hay autores (Guntín *et al.* 2005, Guerrero 2010; Arteaga *et al.* 2011; Meseth y Yu 2014; Caicedo *et al.* 2015) que reportaron el uso del modelo *CW8* para determinar las necesidades de riego de los cultivos, sin mencionar el método utilizado o sus consideraciones para el cálculo de la PE, y de acuerdo con las diferencias entre métodos señalada por Dastane (1975), estos pudieron originar variación de los resultados en similares condiciones y el injusto cuestionamiento del método a seguir. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue conocer el método, de los incluidos en el modelo *CW8*, que mejor se ajusta para el cálculo de la PE bajo condiciones de los LOV.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio abarcó el área de los LOV, integrada por los estados Apure, Barinas y Portuguesa (INAMEH 2017), geográficamente ubicados en el centro occidente de Venezuela. Esta región posee un clima tropical lluvioso, con una época seca determinada por la alta presión del Atlántico y una época de lluvias generada por el avance de la zona de convergencia intertropical (Olivares *et al.* 2016). Exhibe una vegetación característica que corresponde al bosque seco tropical y sabanas según el sistema HOLDRIDGE (Ewel *et al.* 1976; Salas y Quero 1983).

Las precipitaciones son altas (1800-2000 mm.año⁻¹), aunque muy mal distribuidas y los suelos de origen aluvial, con altos contenidos de arcilla y arena muy fina, lo que favorece la compactación natural (Brito y De Brito 1983). La infiltración y el escurrimiento ocurren sobre pendientes muy bajas, entre 0,2 y 0,3 % (Brito y De Brito 1983) o menor al 1 %, por lo tanto la erosión hídrica es muy baja o muy débil y muy localizada (Salas y Quero 1983).

Los métodos de cálculo de PE incluidos en el modelo *CW8* fueron separados en dos grupos para su posterior análisis: a) con análisis numérico: *USDA*, *F-Emp* y *PC-FAO* y b) sin análisis numérico: *% F* y *PE0*. Para el grupo A, se generó una tabla de PTS mensual (Tabla 1), con 232 valores comprendidos entre 0,1 y 540,1 mm, se

consideró el valor máximo de precipitación (519 mm) reportado para el mes de agosto del año 1993 por el INAMEH (2017) para una estación de los LOV (estación meteorológica del Aeropuerto Nacional Virgen de Coromoto serial 2296, ubicada en Guanare, estado Portuguesa a 9,0427° de latitud y -69,76° de longitud), con el propósito de establecer un umbral superior como límite de seguridad y así evitar que valores reales, queden excluidos de la tabla de valores simulados. Los incrementos fueron realizados de forma secuencial cada 2,0 mm desde el origen hasta los 150,1 mm y 2,5 mm a partir de allí hasta la cifra máxima señalada, con la finalidad de obtener intervalos reducidos que permitan detectar posibles anomalías.

Se calcularon los valores de PE para cada método, mediante el empleo del modelo *CW8*. A los resultados obtenidos se les determinó el porcentaje de PE (% PE) y el gradiente de PE (ΔPE) dados por $\% PE = (PE/PTS) * 100$ y $\Delta PE = PE_{(siguiente)} - PE_{(anterior)}$. Se efectuó un análisis de la varianza de dos factores con una sola muestra por grupo (ANDEVA; $P < 0,05$) entre métodos (resultados esperados de PE entre métodos) y dentro de los métodos (resultados esperados de PE a partir de un mismo valor de PTS), con el propósito de determinar alguna desigualdad entre las medias (Tabla 2) y se calculó el Coeficiente de Variación (CV) para comprobar la confiabilidad de los datos y el modelo de diseño (Negrín 1982), a través del programa Excel 2007. Finalmente, fueron determinados los “r” para ratificar la existencia de diferencias entre métodos.

Los valores de % PE fueron graficados y luego determinadas las líneas de tendencia con sus funciones de ecuación para cada método, según la expresión matemática de mejor ajuste, dadas por el mayor R^2 . Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % y los resultados fueron comparados con valores tabulados: Tabla de Fischer (Negrín 1982). Finalmente, para ambos grupos, el análisis de métodos fue realizado al contrastar las características propias de cada uno, con los supuestos teóricos que definen los conceptos y basamentos deseados para un correcto cálculo de la PE para su uso en la gestión del riego.

Tabla 1. Valores resumidos de Precipitación Total Simulada (PTS), Precipitación Efectiva y su Gradiente (variación).

N°	PTS (mm)		Precipitación Efectiva (%)			Gradiente de PE (mm)		
	Valor	Incremento	USDA	F-Emp	PC-FAO	USDA	F-Emp	PC-FAO
1	0.1	-----	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
2	2.1	2.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	4.1	2.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	6.1	2.00	98.36	0.00	0.00	-1.64	0.00	0.00
5	8.1	2.00	98.77	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
6	10.1	2.00	98.02	0.00	0.00	-0.75	0.00	0.00
7	12.1	2.00	98.35	8.26	0.00	0.33	8.26	0.00
8	14.1	2.00	97.87	14.18	0.00	-0.47	5.92	0.00
9	16.1	2.00	97.52	19.25	0.00	-0.36	5.07	0.00
10	18.1	2.00	97.24	22.65	4.97	-0.28	3.40	4.97
⋮	----	----	----	----	----	----	----	----
76	150.1	2.00	76.02	83.34	64.02	-0.28	-0.18	0.22
77	152.6	2.50	75.56	83.09	64.29	-0.46	-0.25	0.26
78	155.1	2.50	75.18	82.91	64.54	-0.38	-0.18	0.25
⋮	----	----	----	----	----	----	----	----
231	537.6	2.50	33.26	73.72	75.54	-0.10	-0.03	0.02
232	540.1	2.50	33.14	73.71	75.56	-0.12	-0.01	0.02

Tabla 2. Modelo de agrupación de datos para el ANDEVA

PTS	PE calculada			Dentro de los métodos
	USDA	F-Emp	PC-FAO	
1	X _i	X _i	X _i	
2	X _i	X _i	X _i	
⋮	
n	X _i	X _i	X _i	
Entre métodos				

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Métodos incluidos en el grupo A

El ANDEVA refleja diferencias ($P < 0,05$) entre métodos y dentro de los métodos incluidos en el modelo *CW8* para el cálculo de la PE, aunque el CV (25,93 %) fue superior al valor máximo (20 %) recomendado por Negrín (1982), y de acuerdo con este autor, esto sugiere poca confiabilidad en los datos o el modelo estadístico

utilizado no fue el adecuado. No obstante, el “r” ratifica la existencia de diferencias entre métodos (Tabla 3), ya que aunque *PC-FAO* y *F-Emp* evidencian igualdad estadística al tiempo que exhiben mayores valores de “r” y proximidad a una correlación perfecta positiva, *USDA* difiere de éstos desde el punto de vista estadístico y su menor valor de “r” se aleja de la perfección (Negrín 1987).

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson.

USDA	F-Emp	PC-FAO
0,91004138 a	0,99763879 b	0,99964002 b

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencias (Tuckey, $P < 0,05$)

En la Figura 1 se aprecian las curvas de % PE. Para *USDA* la PE fue inversa a la PTS, ya que sus valores se incrementan cuando estos disminuyen, es decir, predice mayor efectividad de la lluvia a menor valor de PT y viceversa. Además

USDA predice como 100 % efectiva la PTS a valores inferiores a 5,6 mm y superior al 95 % cuando es inferior a 32,1 mm.

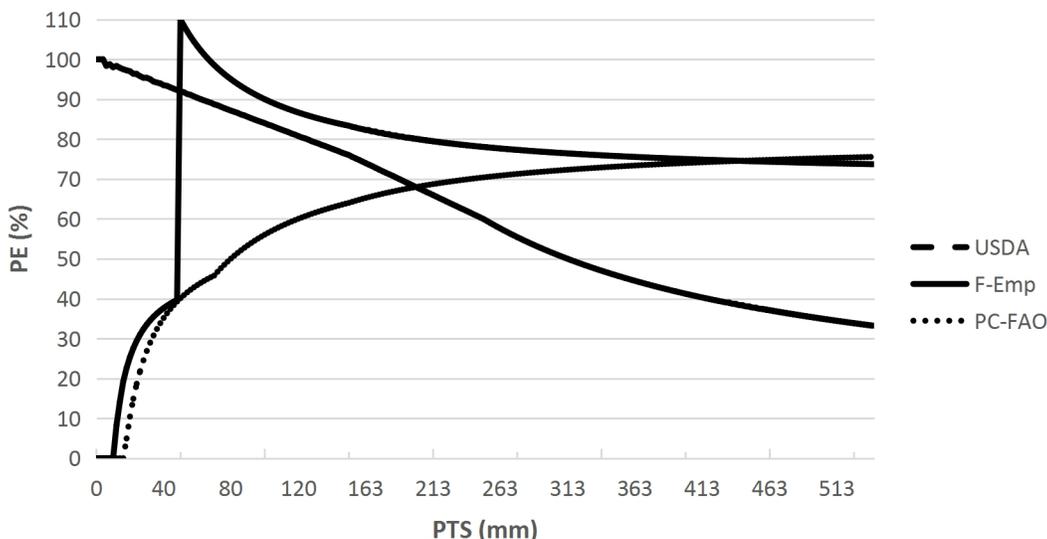


Figura 1. Porcentaje de PE en función de la PTS

Grassi (1993, 1998 y 2001) señaló el uso de valores tabulados para la determinación directa de la PE a través del método USDA, en la que se considera la precipitación media mensual, la evapotranspiración media mensual, la lámina neta de riego y el uso consuntivo del cultivo (por etapa de desarrollo). No obstante, Smith (1992) advirtió que la lluvia total y no la PE, es utilizada para los cálculos del balance hídrico y que las lluvias efectivas se calculan a lo largo de crecimiento total.

Por su parte, Da Silva *et al.* (2010) aseguraron que USDA fue desarrollado mediante balances de agua relativos a la entrada de la precipitación en el suelo y sus salidas (escorrentía e infiltración), así como el agua retenida en la zona radical para varios cultivos. Sin embargo, estos factores no son considerados por el modelo CW8, ya que este permite calcular la PE independientemente de la información climática, edáfica y/o de cultivo e impide el cálculo de la PE por periodo vegetativo.

F-Emp y PC-FAO no consideran efectividad de la precipitación ($PE=cero$) a valores inferiores a 10,2 mm y 16,8 mm, respectivamente. Esto se ajusta a lo señalado por Dastane (1975), quien advirtió que para la agricultura de riego, menos de

10 mm de precipitación a menudo no son significativos en los programas de riego y que deben ser tratados como ineficaces, mientras que Allen *et al.* (2006) aseguraron que las bajas precipitaciones son poco efectivas, pues se pierden rápidamente por evaporación. No obstante, Irigoyen *et al.* (1998) afirmaron que una intensidad de 20 mm.h^{-1} es totalmente efectiva para todas las duraciones, pero que a intensidades superiores a los 50 mm.h^{-1} se verifica un descenso de la PE. Sin embargo, aunque el modelo CW8 admite valores de PT diaria, decadiaria y mensual, no considera cada evento particular (intensidad, duración o frecuencia) ya que la PE es mostrada solo en formatos decadiario o mensual con variaciones en los resultados.

Con PC-FAO se aprecia un incremento regular del porcentaje de PE, que solo tiende a la estabilización, aunque sin llegar a descender, pero con gradiente muy bajo, mientras que F-emp exhibe un incremento similar hasta los 50,1 mm, a partir del cual y hasta los 66,5 mm la curva no solo sufre una desviación abrupta, sino que además sobrestima la PE (mayor a 100% de la PTS) para luego descender al disminuir progresivamente su gradiente. Esto evidencia la necesidad de ajustar los Coeficientes de Correlación de Ajuste Local

(CAL) mencionados por Arteaga *et al.* (2011) y Morábito *et al.* (2015) a las condiciones locales y de considerar la afectación por la estacionalidad climática que sufre la PE señalada por Da Silva *et al.* (2010), ya que estos pueden ser determinados a partir de un análisis de registros climáticos locales (Smith 1992), y tal ajuste a las condiciones locales de los LOV, contribuirían a la sensibilización del método F-Emp a los conceptos teóricos señalados por Dastane (1975) y Allen *et al.* (2006).

En la Tabla 4 se presentan las ecuaciones y tipo de función que mejor ajuste presentaron a las tendencias exhibidas por las curvas de % PE para cada método, calculadas en función del mayor valor de R². Para USDA la ecuación de mejor ajuste está representada por una tendencia polinómica de 2do grado y un R² = 0,9964. Estos resultados se asemejan a los reportados por Vargas (2015), quien encontró un R² de 0,9956 pero con una tendencia Exponencial ($y = 1,0421e-0,002x$). No obstante, los altos valores de R² exhibidos en ambos trabajos, solo demuestran el ajuste matemático debido a la poca inflexión de la curva.

Con F-Emp se alcanzó un R² de 0,8368 con una tendencia Polinómica de 6^{to} grado. Aunque resultados similares fueron encontrados por Vargas (2015), quien reportó una tendencia Polinómica de 5^{to} grado ($y = 2E-13x^5 - 5E-10x^4 + 4E-07x^3 - 0,0001x^2 + 0,0196x - 0,1295$) para este método, pero con un valor superior de R² (0,9371), esto se debió al menor número de datos de PTS (n= 12) utilizados y a un amplio margen de incremento entre estos (40 y 41 mm), lo que impidió la identificación de anomalías en los cálculos que originan inflexión abrupta de la curva.

PC-FAO presenta una tendencia Logarítmica y un ajuste del R² de 0,9308. Esta ecuación de tendencia coincide con la reportada por Vargas (2015) ($y = 0,171\ln(x) - 0,2562$), aunque su R²

obtenido fue 0,9845. Sin embargo, al modificar la tendencia de la curva a una función Polinómica de 5^{to} grado, el valor del R² se incrementó hasta 0,9901, con la salvedad de una ecuación más compleja. Por otra parte, PC-FAO fue desarrollado para estimar el efecto combinado de precipitación confiable (80 % de exceso de probabilidad) y pérdidas estimadas por escorrentía e infiltración en climas áridos y sub-húmedos (Smith 1992 y Da Silva *et al.* 2010), lo que podría comprometer su uso bajo las condiciones de los LOV. Este método puede ser usado para propósitos de diseño donde se requiere 80 % de probabilidad de excedencia (Smith 1992).

F-emp fue desarrollado para ser ajustado localmente (Smith 1992; Arteaga *et al.* 2011 y Morábito *et al.* 2015), y al igual que PC-FAO, este método se ajusta a las condiciones de suelos con pendientes inferiores al 5% (Veenhuizen 2000), parámetro que contribuye significativamente a las pérdidas de precipitación por escorrentía, que conjuntamente con el drenaje, son las variables de mayor dificultad de medición para la determinación de la PE real (Irigoyen *et al.* 1998). Así, PC-FAO fue empleado por Arteaga *et al.* (2011) para el cálculo de la PE a una probabilidad de 80 % de excedencia (clima seco, de acuerdo con Sampaio *et al.* citados por Da Silva *et al.* 2010).

F-Emp y PC-FAO exhiben estructuras de Función de Estimación Lineal (Negrín, 1982), diferenciadas solo por los valores de CAL determinados para cada método, bajo condiciones F- particulares (Tabla 5) y dado que el modelo CW8 admite la modificación de los parámetros de esta ecuación para F-Emp, resulta conveniente realizar una calibración regional para determinar los valores de CAL (a y b) de acuerdo con Morábito *et al.* (2015), antes de ser empleado en el cálculo de la PE bajo condiciones de los LOV.

Tabla 4.- Funciones de tendencia y R² para la PE en cada método.

Método	Función	Ecuación	R ²
USDA	Pol (2G)	$y = 0,0006x^2 - 0,4262x + 103,49$	R ² = 0,9964
F-Emp	Pol (6G)	$y = -8E-12x^6 + 1E-08x^5 - 5E-06x^4 + 0,001x^3 - 0,1178x^2 + 6,2372x - 29,955$	R ² = 0,8368
PC-FAO	Log	$y = 18,51\ln(x) - 21,507$	R ² = 0,9308
	Pol (5G)	$y = 9E-10x^5 - 7E-07x^4 + 0,0002x^3 - 0,0324x^2 + 2,4915x - 10,964$	R ² = 0,9901

Nota: Pol (2G; 5G y 6G) = Polinomio (2^{do}, 5^{to} y 6^{to} grado) y Log = logarítmica.

Tabla 5.- Funciones de Estimación Lineal para F-Emp y PC-FAO.

Para P mensual	PC-FAO	F-Emp
<= 70mm	0,6 * P - 10	----
> 70mm	0,8 * P - 24	----
<= 50mm	----	0,5 * P - 5
> 50mm	----	0,7 * P - 20

Para F-Emp los valores de a y b son asumidos por defecto en el modelo CW8

Métodos incluidos en el grupo B

Con PEO, el modelo CW8 ignora los datos de precipitación durante los cálculos de los requerimientos de riego (RR). Como la PE adquiere valores de cero, los RR del cultivo son basados exclusivamente en los cálculos de la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar, igualándolos a estos, en contraste de lo señalado por Annandale *et al.* (2002) quienes definieron los RR como la diferencia entre la PT y la PE. Esto trae como consecuencia una sobrestimación de los RR de cultivos en condiciones de campo, puesto que cualquier aporte hídrico por las precipitaciones no será considerado. Por tal motivo, este método puede adecuarse mejor a situaciones de ambiente controlado donde los aportes hídricos suceden exclusivamente a través del riego, ya que de acuerdo con Vargas (2015) este fundamento no es representativo de las condiciones reales de cultivos en campo.

Por otro lado, Smith (1992) y Cleves *et al.* (2016) señalaron que con el método % F, la PE es igual a la PT multiplicada por un coeficiente (Coef) menor que la unidad, dada por: $PE = Coef * PT$; donde el "Coef" representa un porcentaje fijo que el usuario selecciona para dar cuenta de las pérdidas por escorrentía e infiltración profunda y que normalmente varían entre 10 y 30 %, por lo tanto, el Coef adquiere valores entre 0,7 y 0,9. No obstante, Smith (1992) y Sampaio *et al.* (2000) señalaron que para un año húmedo es aplicable un 20 % de probabilidad de excedencia, 50 % es conveniente para un año normal (acercándose a la media) y que 80 % es útil para un año seco (con exceso de precipitación en 4 de 5 años).

Al seleccionar la opción “volver a configuración FAO por defecto” desde el menú “opciones de configuración” para PE, el modelo

CW8 asume el valor de 80 % (señalado para año seco). No obstante, el modelo CW8 permite el cambio de este porcentaje a juicio del programador, por lo que Meseth y Yu (2014) utilizaron 75 % para el cálculo de la PE, en un estudio para mejorar los calendarios de cultivo para agricultura de secano en Ceja de Selva, por considerarlo como valor fijo de la PT utilizada por los cultivos. Sin embargo, mientras más húmedo es el año, menor será el porcentaje de lluvia que será retenido en el suelo y disponible para las plantas.

Los regímenes de alternancia anual de las precipitaciones en los LOV (INAMEH 2017), dificultan la identificación de años lluviosos y secos, igualmente, los cultivos anuales enfrentan condiciones alternas de excesos y déficits hídricos. Esto sugiere variación de los porcentajes a ser fijados para el cálculo de la PE en caso de cultivos anuales. Por lo tanto, el método % F puede ser más útil en situaciones donde los volúmenes hídricos aportados por las precipitaciones se mantengan dentro de rangos constantes o cuando las variaciones pluviométricas no sean estadísticamente significativas, como por ejemplo, en cultivos de ciclo corto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El incremento del % PE para PC-FAO se ajusta a los basamentos teóricos. Éste método no considera efectividad de la precipitación (cero) cuando la PT sea inferior a 16,8 mm y se ajusta a condiciones de suelos con pendientes inferiores al 5 %, por lo tanto, puede ser utilizado bajo condiciones de los LOV.

Aunque USDA exhibe un alto R^2 , este método supone que la efectividad de la lluvia será inversamente proporcional a la PT, es decir, si $PT \uparrow \rightarrow PE \downarrow$, y viceversa. También predice que la PE

será 100 y 95 % cuando PT sea inferior a 5,6 y 32,1 mm, respectivamente. Por lo tanto, no es adecuado para el cálculo de la PE bajo condiciones de los LOV.

F-Emp no considera efectividad de la precipitación a valores de PT inferiores a 10,2 mm, pero requiere calibración regional para determinar los valores de CAL (a y b) bajo condiciones de los LOV, antes de poder emplearlo en el cálculo de la PE, debido a sobrestimación del % PE cuando la PT oscile entre los 50,1 y 66,5 mm.

El método *PE0* sobreestima los valores de RR totales de cultivos en condiciones de campo, debido a que el modelo *CW8* permite el cálculo de la PE sin información climática, edáfica o de cultivo, por lo que se recomienda su uso en situaciones de ambiente controlado, mientras que el método % *F* puede ser útil en situaciones donde las variaciones de los volúmenes hídricos aportados por las precipitaciones no sean significativos o se mantengan dentro de rangos constantes, como por ejemplo cultivos de ciclo corto.

REFERENCIAS

- Allen, D., Pereira, M. and Smith, R. 2006. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO. 1^{er} edición. Roma, Italia. Irrigation and Drenaje Paper N° 56:322 p.
- Annandale, J., Jovanovic, N., Benadé, N. and Allen, R. 2002. Software for missing data error analysis of Penman-Monteith reference evapotranspiration. Irrigation Science 21(2): 57-67.
- Arteaga, R., Ángeles, V. y Vázquez, M. 2011. Programa CROPWAT para planeación y manejo del recurso hídrico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 2(2): 179-195.
- Brito, P. y J. de Brito, 1983. Caracterización agroclimática de la región de los Llanos Occidentales Venezolanos y sus relaciones con el ciclo del maíz. FONAIAP- CENIAP. Maracay.
- Caicedo, O., Balmaseda, C. y Proaño, J. 2015. Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 24(2): 18-22.
- Cleves, J., Toro, J. y Martínez, L. 2016. Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos. Una revisión analítica. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 10(1): 149-163.
- Da Silva, A., De Lima, F., Da Silva, A. e Moura, G. 2010. Valores efetivos de precipitação pluvial para manejo da irrigação na cana-de-açúcar em Goiana, Pernambuco. Rev. Bras. Ciênc. Agrár. Recife 5(4): 585-591.
- Dastane, N. 1975. Effective rainfall in irrigated agricultura. 2^{da} edición. FAO. Roma, Italia. Irrigation and Drenaje Paper N° 25: 62 p.
- Ewel, J., Madriz, A. y Toso, J., 1976. Zonas de vida de Venezuela. In memorias sobre el mapa ecológico. FONAIAP. Caracas. Esc. 1:100.000.
- Grassi, C. 1993. Fundamentos del riego. Serie Riego y Drenaje, RD-38. 2^{da} edición. Talleres gráficos del CIDIAT. Mérida. 409 p.
- Grassi, C. 1998. Formulación de proyectos de riego y drenaje. Talleres gráficos del CIDIAT. Mérida. 241p.
- Grassi, C. 2001. Operación y mantenimiento de sistemas de riego. Serie Riego y Drenaje. RD-44. Segunda edición. Talleres gráficos del CIDIAT. Mérida. 273 p.
- Guerrero, J. 2010. Evaluación del riego por surcos alternos y continuos para el uso eficiente del agua en el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis MSc. UNELLEZ, Guanare. 153 p.

- INAMEH. 2017. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. [Documento en línea].En: <http://www.inameh.gob.ve> [enero de 2017].
- Irigoyen, A., Suero, E. y Gardiol, J. 1998. La precipitación efectiva como componente del balance de agua en un Paleudol Petrocálcico de Balcarce: Eventos de precipitación simulada. *Conference In X Congresso Brasileiro de Meteorologia y VIII Congresso da Federación Latinoamericana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia*.Brasilia, Brasil. Volume: 1.
- Malavé, V. 2009. Índice de vegetación normalizado como herramienta para la estimación de disponibilidad de agua superficial en cuencas hidrográficas. Tesis MSc. Universidad del Zulia, Maracaibo. 283 p.
- Martinez, A. y García, M. 2004. Revisión de las necesidades hídricas netas de los cultivos de la cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro. [documento en línea]. En: <http://hdl.handle.net/10261/15896> [diciembre de 2016].
- Meseth, E. y Yu, J. 2014. Mejora en los calendarios de cultivo para agricultura de secano en ceja de selva. *Scientia Agropecuaria* (5): 187-197.
- Morábito, J., Salatino, S., Hernández, R., Schilardi, C., Álvarez, A. y Rodríguez, P. 2015. Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las provincias del centro-noreste de Argentina. *Rev. FCA UNCUYO* 47(1): 109-125.
- Negrín, A. 1982. Iniciación a la estadística. 1^{er} edición. Editorial José Martí. Caracas.466 p.
- Olivares, B., Cortez, A., Lobo, D., Parra, R. Rey, J. y Rodríguez, M. 2016. Estudio de la Sequía Meteorológica en Localidades de los Llanos de Venezuela Mediante el Índice de Precipitación Estandarizado. *Revista Acta Nova* 7(3): 266-283.
- Salas, S. y Quero, A. 1983. Inventario nacional de suelos, Guanare, Portuguesa: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Centro cartográfico y Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección General de Información e Investigación.Caracas. Esc. 1:100.000.
- Smith, M. 1992. CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management.1^{er} edición. FAO. Roma, Italia. Irrigation and Drenaje Paper N° 46.
- Veenhuizen, R. 2000. Manual de Captación y Aprovechamiento del agua de lluvia. Revisión de Bases Técnicas. [documento en línea].En: <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/ai128s/ai128s01.pdf>. [enero de 2017].
- Vargas, J. 2015. Validación del modelo CropWat en suelo Insectisol bajo cultivo comercial de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis MSc. UNELLEZ, Guanare. 89 p.

CAMBIO DEL PAISAJE EN LA SUBCUENCA RÍO ANÚS (1996-2016), ESTADOS TRUJILLO Y PORTUGUESA, VENEZUELA*

Change of the landscape in the river Anús basin (1996-2016), Trujillo and Portuguesa states,
Venezuela

Jhon Antonio Méndez Ortiz¹

RESUMEN

Se describió la dinámica de cambio del paisaje durante los últimos 20 años para la subcuenca del río Anús ubicada entre los estados Trujillo y Portuguesa en Venezuela. La interpretación visual de imágenes satelitales, permitió definir patrones de uso de la tierra y además, comparaciones temporales de posibles cambios ocurridos en el tiempo. Con la clasificación no supervisada de imágenes Landsat en ArcGIS 10.2, se definieron seis (06) categorías de cobertura y uso del suelo entre los años 1996 y 2016, estas son: vegetación sin intervención aparente, vegetación con intervención moderada, vegetación paramera, ríos, producción agrícola con moderada cobertura vegetal y producción agrícola con poca cobertura vegetal. La cobertura de bosques primarios disminuyó 4,89 % del área total (47.705 ha) en un periodo de 20 años, no obstante, 1.567,55 ha (3,28 %) de cultivos migratorios fueron abandonadas y se transformaron en vegetación secundaria, sin embargo, el área alterada aún es mayor (53,0 %). Con el análisis de cambio aplicado con *Image Analysis (Difference)*, se detectó deforestación para la Subcuenca (8,61 %), evidentemente en los poblados cercanos al Parque Nacional Guaramacal (PNG). Contrariamente, se encuentra 11,96 % de recuperación de áreas, las más notables se ubican en la zona de "recuperación integral" del PNG. Por su parte, las áreas conservadas se mantuvieron en 33,82 % sin cambios, mientras que las áreas intervenidas sin cambios fue de 44,87 %. En consecuencia, la deforestación se sostiene en la zona para la expansión agrícola, pero también la recuperación natural se evidencia en múltiples áreas. Es necesario proponer zonas funcionales de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Palabras clave: cobertura boscosa, teledetección, análisis multitemporal, río Anús.

ABSTRACT

The dynamics of landscape change during the last 20 years was described for the Anús river sub-basin located between the states of Trujillo and Portuguesa in Venezuela. The visual interpretation of satellite images allowed defining land use patterns and temporal comparisons of possible changes that occurred over time. With the unsupervised classification of Landsat ArcGIS 10.2 images, six (06) categories of coverage and land use were defined between the years 1996 and 2016. Vegetation without apparent intervention, vegetation with moderate intervention, paramo vegetation, rivers, agricultural production with moderate vegetal cover and agricultural production with little vegetal cover. The primary forest cover decreased 4.89 % of the total area (47,705 ha) in a period of 20 years, contrariwise, 1,567.55 ha (3.28 %) of migratory crops were abandoned and transformed into secondary vegetation, nevertheless, the disturbed area is still greater (53.0 %). With the analysis of change applied with *Image Analysis (Difference)*, deforestation was detected for the Sub-basin (8.61 %), evidently in the towns near the Guaramacal National Park (PNG). On the contrary, there is 11.96 % recovery of areas, the most notable of which are located in the "integral recovery" area of the PNG. On the other hand, the preserved areas remained

(*)Recibido: 7-11-2018

Aceptado: 9-5-2019

¹Centro Cartográfico. Biocentro. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ. Guanare 3350 Po. Venezuela. E-mail: Jhonmendez5466@gmail.com

unchanged at 33.82 %, while the intervened areas without changes was 44.87 %. Consequently, deforestation is sustained in the area for agricultural expansion, but also the natural recovery is evident in multiple areas. It is necessary to propose functional areas for the conservation and sustainable use of natural resources.

Key words: forest cover, remote sensing, multi-time analysis, Anús river.

INTRODUCCIÓN

El hombre y su cultura son considerados como agentes dinamizadores y transformadores de los ecosistemas naturales, creando una amplia diversidad de paisajes culturales y un mosaico de ecosistemas que va desde los poco o muy poco transformados, hasta los ecosistemas urbanos con altos niveles de complejidad social (Andrade *et al.* 2011). Uno de los factores más importantes del cambio global que afecta a los sistemas ecológicos es el cambio en la cobertura del suelo (Vitousek 1998). A nivel mundial, los paisajes naturales se han ido transformando rápidamente en paisajes urbanos o agrícolas (Foley *et al.* 2005, Feranec *et al.* 2010, López y Sierra 2010).

Para Ortega *et al.* (1987) los bosques húmedos y las montañas de Guaramacal – donde se encuentra parte de la cuenca de río Anús – no están exceptas de la alarma de destrucción antrópica. Paredes (1997) afirma que la deforestación ha generado múltiples hábitats forestales fragmentados en el piedemonte andino y llanos altos occidentales de Venezuela. En efecto, la subcuenca del río Anús no escapa de dicha problemática.

Por lo tanto, esta investigación tiene como alcance, describir la dinámica de cambio de la subcuenca río Anús. De acuerdo con Angelsen y Kaimowitz (1999), Geist y Lambin (2002), Lambin *et al.* (2003), Antrop (2005) y Olander *et al.* (2008) se tienen que desarrollar alternativas de conservación para los ecosistemas. De hecho, son necesarias para río Anús, uno de los tributarios más importantes del río Guanare, constituye una fuente de abastecimiento de agua para diversos usos. Las nacientes de sus afluentes en su mayoría, se ubican en el Parque Nacional Guaramacal, uno de los parques nacionales mejor conservados en Venezuela, con vegetación representada

predominantemente por bosques húmedos montanos (Cuello y Cleef 2011).

ÁREA DE ESTUDIO

La subcuenca río Anús está situada al Oeste del estado Portuguesa, entre las coordenadas UTM 369126 E / 1032929 N y 407066 E / 1005283 N (Figura 1). Según Barbera y Qüenza (1999b) ocupa una superficie de 46.268 ha. Su altitud oscila entre 200 y 3.000 msnm. El área está influenciada por el Parque Nacional General Cruz Carrillo en Guaramacal y la Zona Protectora de las cuencas hidrográficas ríos Guanare, Boconó, Tucupido, Masparro y La Yuca.

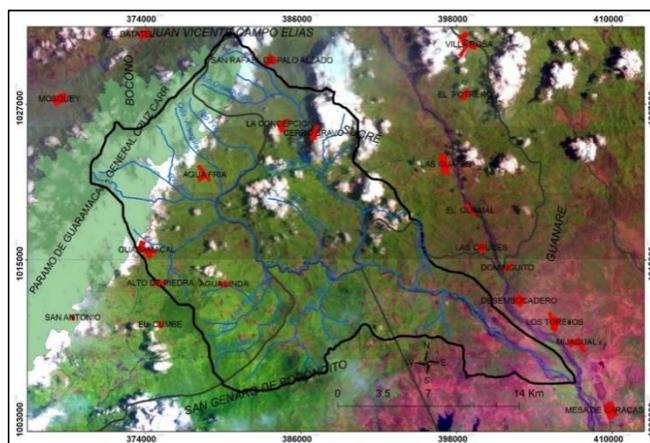


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis de la cobertura y uso del suelo como base primordial en esta investigación, se utilizaron imágenes Landsat TM con resolución espacial de 30 m (053; 054) dispuestas en el servidor Land Viewer de Earth Observing System. Seis (06) subclases fueron detectadas: vegetación sin intervención aparente, vegetación con intervención moderada, vegetación paramera, ríos, producción con moderada intervención, producción con fuerte intervención. Se utilizó la clasificación no supervisada de imágenes

satelitales con el software ArcGIS 10.2, como técnica que proporciona una definición de clases a través de los valores de firma espectral sin requerimiento de puntos de control establecidos por el operador (Olaya 2012). Estos valores se emplearon para asignar una interpretación a cada clase. En este proceso, se procuró utilizar las bandas de infrarrojo cercano NIR (4), banda roja (3) y banda verde (2), con mayor contraste y corrección atmosférica.

Seguidamente, a las capas ráster generadas se aplicó un filtro con el fin de disminuir la cantidad de polígonos y así facilitar los cálculos computarizados. Con ayuda de *Calculate Geometry* de ArcGIS, se generaron los valores de superficie por clase. A través de la herramienta *Difference* de la aplicación *Image Analysis* del referido software, se determinaron los cambios ocurridos entre los periodos 1996 y 2016. Seguidamente, se elaboró el mapa de dinámica de cambio. Se indicaron las áreas de bosque que fueron perdidas (deforestación), las que fueron regeneradas (recuperación) y las áreas que permanecieron con cobertura boscosa natural (sin cambio).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura y uso del suelo de la subcuenca del río Anús.

La subcuenca Anús presenta cierta degradación por la deforestación e implantación de sistemas de cultivos que van desde cafetales bajo sombra y pequeños cultivos para la subsistencia, hasta actividades económicas recién establecidas. Tal es el caso de los cafetales y ganadería bovina. No obstante, además de la existencia del Parque Nacional General Cruz Carrillo en Guaramacal y la mayor parte de sus bosques montanos con un mínimo de intervención (Cuello y Cleef 2011), Pérez y Méndez-Ortiz (2017), refirieron la existencia de una masa boscosa al oeste de la Subcuenca río Anús, conectada con el bosque remanente al norte del embalse Boconó-Tucupido. Las imágenes satelitales muestran claramente las áreas bajo uso de cultivos y pastizales que bordean en su mayoría el curso principal de la subcuenca del río Anús (Figura 2).

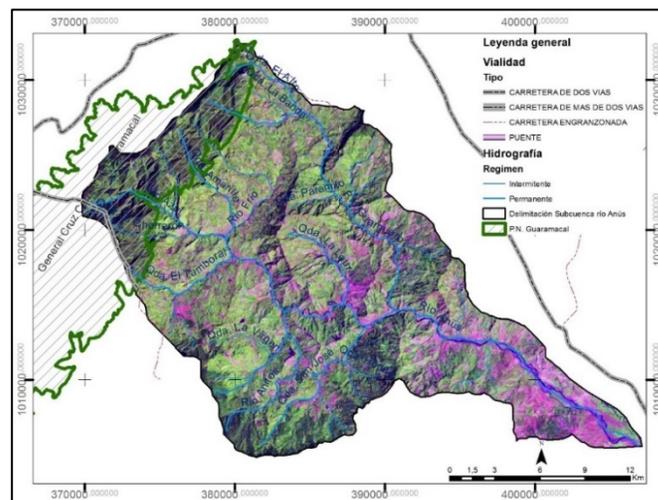


Figura 2. Vista de la subcuenca río Anús con la imagen LANDSAT 8-006054 del año 2016.

La disminución del porcentaje de cobertura de “vegetación sin intervención aparente” en el paisaje del área de estudio es evidente entre los años 1996 (19,40 %), y 2016 (15,51 %), mientras el uso del suelo agropecuario presenta un leve aumento para la subclase “producción con moderada intervención”, pasó de 37,70 % en 1996 a 37,97 % en 2016 (Tabla 1).

Tabla 1. Vegetación y coberturas de uso de la tierra en la subcuenca río Anús (1996-2016).

Subclase	1996		2016	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
VSI	9253,57	19,40	6922,58	14,51
VCI	10636,53	22,30	14453,04	30,30
VP	310,38	0,65	519,15	1,09
R	513,44	1,08	258,85	0,54
PMI	17985,84	37,70	18113,37	37,97
PFI	9005,56	18,88	7438,01	15,59
TOTAL	47705,00		47705,00	

VSI: Vegetación sin intervención aparente; VCI: Vegetación con intervención moderada; VP: Vegetación paramera; R: Ríos; PMI: Producción con moderada intervención; PFI: Producción con fuerte intervención.

Por su parte, la subclase “producción con fuerte intervención” disminuyó en 3,29 % entre el

periodo de 1996 (18,88 %) y 2016 (15,59 %). Un caso particular es la subclase “vegetación con intervención moderada”, que se conoce como bosque secundario, el cual tuvo un aumento drástico en 20 años. Así, en 1996 constituía 22,30 % del paisaje y en 2016 abarcó 30,30 % de la superficie total del área de estudio (Figura 3).

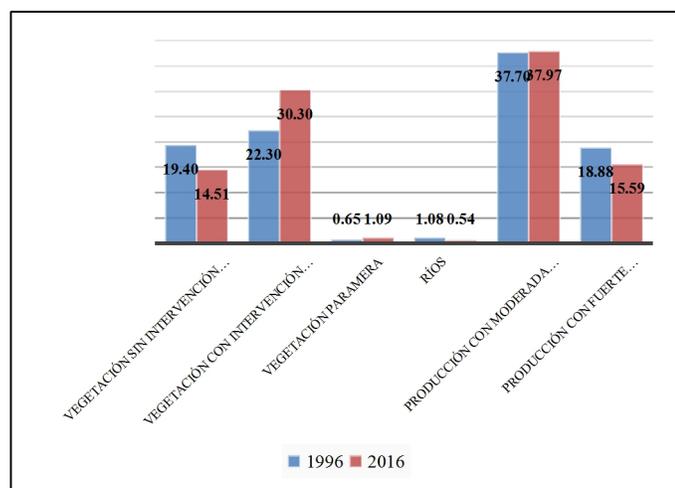


Figura 3. Representación de las subclases de vegetación y uso de la tierra en porcentajes (%).

Lo anteriormente expuesto hace pensar que, la superficie que perdió bosque natural conservado en el lapso 1996-2016, fue por intervención antrópica y pasó a formar parte de bosque secundario (subclase “vegetación con intervención moderada”), mientras que la superficie que disminuyó de la subclase “producción con fuerte intervención” pudo haberse recuperado por sucesión secundaria. Esto se comprueba con el análisis de cambio de paisaje.

Dinámica de cambio del paisaje.

Con base a lo anteriormente descrito, se perdieron 2.332,77 ha (4,89 %) de bosque primario en un periodo de 20 años, y se calcula que 1.567,55 ha de cultivos migratorios fueron abandonadas y se transformaron en vegetación secundaria. Esta última es la que domina entre las subclases naturales. Sin embargo, el área alterada aún es mayor (53 %).

Es conveniente mencionar, que para la subcuenca río Anús, se mantiene la deforestación como práctica antrópica para el establecimiento de

áreas de agroproducción, tal como lo han mencionado Araujo *et al.* (1996), Barbera (1999), Cuello (1999), Araujo (2001), Barbera (2001) y Niño (2010). Según se han procesado las capas ráster de cobertura y uso del suelo para el periodo 1996-2016 en el análisis de cambio (Figura 4), resultaron 4.107,40 ha (8,61 %) deforestadas en toda la Subcuenca. Caso contrario es reflejado por Vivas *et al.* (2015), quienes obtuvieron una disminución porcentual de 43% para la cobertura boscosa del estado Cojedes en un periodo de 18 años (1990-2008). Por su parte, Pacheco y Vilanova (2015) manifiestan que la deforestación provocó una disminución alrededor de 30% de la cobertura forestal en los últimos 60 años (1990-2010) en 27 municipios de los Llanos Occidentales de Venezuela.

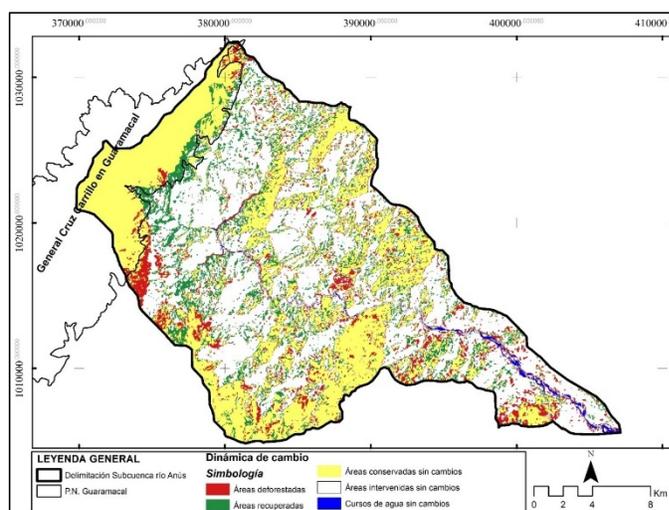


Figura 4. Mapa de dinámica de cambios de cobertura vegetal de la Subcuenca río Anús (1996-2016).

Los procesos de deforestación en la subcuenca del río Anús son evidentes en las cercanías del Parque Nacional Guaramacal, justamente en el área de influencia del poblado de Guaramacal. También en las zonas protectoras de las quebradas El Tamboral, La Fila (municipio Boconó) y alrededor del poblado de San Rafael de Palo Alzado en las proximidades de la quebrada El Alto (municipio Sucre) y los sectores El Paramito y Buena Vista. Entre otras zonas deforestadas destacan las adyacentes al caserío Agua Linda en las nacientes de la quebrada La Virgen (municipio Boconó), en la desembocadura de la quebrada La Laura y en la parte baja de la Subcuenca río Anús, específicamente en las cercanías de los sectores

Piedra El Indio, Las Playas, Las Mermejas y Anús (municipio Guanare).

En relación a lo anterior, la Figura 5 refleja que la recuperación natural en la subcuenca del río Anús, fue en mayor porcentaje para las áreas deforestadas (11,96 %). Las más notables se ubican en los linderos del Parque Guaramacal en su zona de “recuperación integral”, precisamente en las zonas protectoras de río Azul y de las quebradas La Filita y Amarilla. Se infiere que estas áreas recuperadas o restauradas se deben a la sucesión secundaria desarrollada sobre sitios que fueron abandonados después que su vegetación natural fue completamente destruida para el establecimiento de zonas de producción. Tal es el caso de los cultivos migratorios que son una práctica propia de la zona y comprenden un periodo de descanso donde podrían restaurarse (Barbera 1999) por sucesiones secundarias, ya que éstas se inician más comúnmente en tierras que son cultivadas durante un tiempo y luego son abandonadas (Sánchez 1982, Finegan 1993).

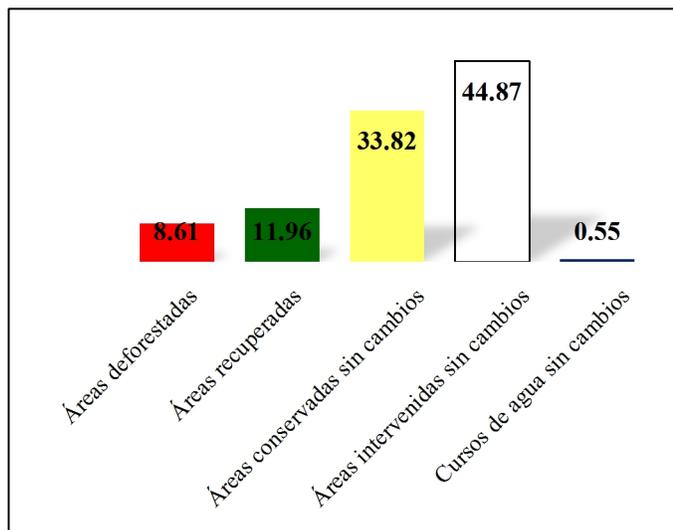


Figura 5. Porcentajes (%) de cambios de cobertura de la subcuenca río Anús (1996-2016).

Las zonas recuperadas en la Subcuenca pueden comprender cafetales bajo sombra, que desde el punto de vista de la conservación del suelo y de la biodiversidad, es un cultivo de bajo impacto debido a la presencia de cobertura boscosa (Barbera 1999). En efecto, el proceso de clasificación de imágenes satelitales pudo haber involucrado los cafetales bajo sombra dentro de las subclases naturales simbolizadas. Por ejemplo

“vegetación con intervención moderada”. Entonces, en el proceso de diferencia de imágenes se incorporó cafetales como áreas recuperadas respecto a zonas que habían sido deforestadas hasta el año 1996.

El cese de la actividad agraria en zonas de productividad moderada las hace tender a estados de recuperación ecológica, dándose un proceso de sucesión secundaria de la vegetación (Antrop 2000). Acevedo *et al.* (2005) aseguran que el abandono de la actividad agrícola tradicional, causa en numerosos casos la disminución de la diversidad biológica asociada al territorio y adaptada a los agrosistemas que habían sido establecidos por largos periodos. Se produce asimismo un incremento en el riesgo de incendios forestales, al existir una mayor cantidad de biomasa. Paralelamente, la progresiva «matorralización» de agrosistemas abandonados, favorece la reducción de la erosividad y la calidad de las aguas fluviales, al mismo tiempo provoca la expansión de hábitats para especies con requerimientos boscosos (Acevedo *et al.* 2005), favoreciendo por tanto la conectividad forestal en el territorio (Gurrutxaga y Lozano 2007).

Con el análisis de cambio aplicado se determinó que 33,82 % del área de estudio no sufrió cambios de intervención en su cobertura boscosa para el periodo 1996-2016, mientras que 44,87 % se mantuvo estable con área en producción agropecuaria y sin nuevos focos de deforestación. Al considerar un proceso de deforestación de 8,61 % para los 20 años estudiados, la tasa media anual de deforestación se estimó en 0,43 %/año equivalente a 205,37 ha/año. Este valor considera una tasa anual de deforestación “baja” si se contrasta con las categorías propuestas por Hernández y Pozzobón (2002). Cabe mencionar, que en la evaluación de la dinámica de los cambio en la cobertura forestal de 27 municipios de los Llanos Occidentales de Venezuela realizada por Pacheco y Vilanova (2015), cinco (05) municipios de la zona alta del estado Portuguesa les resultó una tasa anual de deforestación de media a baja.

CONCLUSIONES

Las áreas conservadas (vegetación paramera, vegetación sin intervención y vegetación con intervención moderada) se mantuvieron en 33,82 % sin cambios, mientras que las áreas intervenidas sin cambios fue de 44,87 %, por su parte los cursos de agua en 0,55 % conservaron su cauce.

Como aspecto negativo para la conservación del paisaje, se mantiene la deforestación como parte de la expansión de la frontera agrícola, no obstante la recuperación o forestación se evidencia en múltiples áreas de la Subcuenca.

El 46,33 % del área de estudio está conservada con bosques nublados, siempreverdes, semidecíduos, decíduos y ribereños, algunos de ellos con leve o moderada intervención antrópica.

Los resultados indican que el PNG localizado dentro del área estudiada, está influenciado por las presiones de cambio en el uso de la tierra en sus adyacencias, esto amenaza la conservación del patrimonio natural que resguarda, por lo que debería procurarse un estado de alerta en cuanto al manejo, monitorio y conservación del área estudiada.

REFERENCIAS

- Acevedo, P., Delibes, M., Escudero, M., Vicente, J., Marco, J. y Gortazar, C. 2005. Environmental constraints in the colonization sequence of roe deer (*Capreolus capreolus Linnaeus*, 1758) across the Iberian Mountains, Spain. *Journal of Biogeography* N° 329: 1671-1680.
- Andrade, Á., Arguedas, S. y Vides, R. 2011. Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico, CEM-UICN, CI-Colombia, ELAP-UCI, FCBC, UNESCO-Programa MAB. 42 p.
- Angelsen, A. and Kaimowitz, D. 1999. Rethinking the causes of deforestation: Lessons from economic models. *The World Bank Research Observer* 14: 73-98.
- Antrop, M. 2000. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* N° 77: 17-28.
- Antrop, M. 2005. Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning* 70: 21-34.
- Araujo, M., Álvarez, M. y Quintero, J. 1996. Conflictos de uso del suelo en la cuenca del río Boconó, estado Trujillo, Venezuela. *BioLlania* N° 12: 99-106.
- Araujo, M. 2001. Localización y asignación de usos de la tierra mediante análisis espacial de la subcuenca alta del río Boconó.: Trab. Ascenso Prof. Agregado. UNELLEZ. Guanare. 102 p.
- Barbera, O. 1999. El uso de la tierra en los alrededores del Parque Nacional Guaramacal. *In* Cuello, N., ed. Parque Nacional Guaramacal. UNELLEZ - Fundación Polar, Guanare. pp. 119-124.
- Barbera, O. y Qüenza, N. 1999. Aspectos hidrológicos del Parque Nacional Guaramacal. *In* Cuello, N., ed. Parque Nacional Guaramacal. UNELLEZ - Fundación Polar, Guanare. pp. 45-58.
- Barbera, O. 2001. El desarrollo rural como estrategia de gestión ambiental en la zona de montaña del estado Portuguesa. Trab. Esp. Grado. MSc. Planificación de los Recursos Naturales Renovables. UNELLEZ, Guanare. 152 p.
- Cuello, N. 1999. Observaciones sobre la vegetación del Parque Nacional Guaramacal. *In* Cuello, N., ed. Parque Nacional Guaramacal. UNELLEZ - Fundación Polar, Guanare. pp. 105-117.
- Cuello, N. y Cleef, A. 2011. Bosques de los Andes de Venezuela, caso el Ramal de Guaramacal. *BioLlania Edición Esp.* 10: 74-105.

- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T. and Hazeu, G. 2010. Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data. *Applied Geography* 30: 19–35.
- Finegan, B. 1993. Procesos dinámicos en bosques naturales tropicales para la producción sostenible. Curso de bases ecológicas para la producción sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- Foley, J., De Fries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. and Snyder, P. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309: 570-574.
- Geist, H. and Lambin, E. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience* 52: 143–150.
- Gurrutxaga, M. y Lozano Valencia, P. J. 2007. Criterios para contemplar la conectividad del paisaje en la planificación territorial y sectorial. *Investigaciones Geográficas* N° 44: 75-88.
- Hernández, E. y Pozzobon, E. 2002. Tasas de deforestación en cuatro cuencas montañosas del Occidente de Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 46 (1):35-42.
- Lambin, E., Geist, H. and Lepers, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 205-241.
- López, S. and Sierra, R. 2010. Agricultural change in the Pastaza River Basin: A spatially explicit model of native Amazonian cultivation. *Applied Geography* 30: 355-369.
- Niño, S. M. 2010. Propuesta de ordenamiento ambiental del sistema de embalses Boconó-Tucupido y su área de influencia. Trab. Esp. Grado. MSc. Planificación de los Recursos Naturales Renovables. UNELLEZ, Guanare. 151 p.
- Olander, L., Gibbs, H., Steininger, M., Swenson, J. and Murray, B. 2008. Reference scenarios for deforestation and forest degradation in support of REDD: a review of data and methods. *Environmental Research Letters* 3: 025011.
- Olaya, V. 2012. Sistemas de Información Geográfica. Creative Common Atribucion, OSGeo. Girona. 877 p.
- Ortega, F., Aymard, G. y Stergios, B. 1987. Aproximación al conocimiento de la flora de las montañas de Guaramacal, estado Trujillo, Venezuela. *BioLlania* N° 5: 1-60.
- Pacheco, C. y Vilanova, E. 2015. Dinámica de los cambios en la cobertura forestal en 27 municipios de los Llanos Occidentales de Venezuela (1990-2010). *In XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE, Brasil. pp. 485-493.
- Paredes, A. 1997. Importancia de los Bosques ribereños en el Piedemonte andino y los Llanos altos occidentales de Venezuela. *BioLlania* N° 13: 47-66.
- Pérez, J. y Méndez-Ortiz, J. 2017. Áreas potenciales para la conservación de la biodiversidad en el paisaje agroproductivo de la subcuenca del río Anús, estados Trujillo y Portuguesa, Venezuela. *In VI Encuentro Binacional de Investigación en Economía Solidaria*. Universidad Cooperativa de Colombia, Arauca, Colombia. pp. 17-20.
- Sánchez, P. 1982. Suelos del trópico. IICA. San José, Costa Rica. 634 p.
- Vitousek, P. 1998. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75: 1861-1876.
- Vivas, I., Rumbo, L., Paredes, F. y La Cruz, F. 2015. Caracterización de cambios en cobertura boscosa en el estado Cojedes entre 1990 y 2008. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 33: 46-52.

PRUEBAS SEROLÓGICAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE BRUCELOSIS EN OVINOS*

Serological tests for the diagnosis of brucellosis in sheep

Yumaris Árias Linares¹

RESUMEN

Se analizaron 403 muestras de suero sanguíneo de ovinos adultos y jóvenes sin historial de vacunación contra *Brucella*, provenientes de unidades de producción de los municipios Araure, Guanare, Ospino, Papelón y San Genaro de Boconoíto del estado Portuguesa. Los objetivos fueron identificar la presencia de anticuerpos *anti Brucella abortus* mediante el uso de la prueba de rosa de bengala a concentraciones celulares de 3 y 8 %, lenta en tubo y ELISAc y determinar la presencia anticuerpos *anti Brucella abortus* según la edad, sexo y raza del ovino. Para el análisis de laboratorio se usó la prueba oficial de campo para diagnóstico de brucelosis en bovino, rosa de bengala o card test (8 %) y las confirmativas (ELISAc y lenta en tubo). Se incluyó la prueba rosa de bengala modificada al 3 %. El antígeno rosa de bengala se obtuvo del Instituto de Investigaciones Veterinarias, FONAIAP (actual INIA). En el análisis de los datos se aplicó estadística descriptiva como distribución porcentual y frecuencia ($P < 5\%$), pruebas de contingencia ($P < 1\%$) para asociar la proporción de reacciones positivas y negativas entre las pruebas. Para relacionar el grupo racial, edad y sexo con la presencia de anticuerpos, se aplicó pruebas de Chi Cuadrado de independencia ($P < 1\%$). Todas las pruebas mostraron la presencia de anticuerpos *anti Brucella abortus*, con variaciones marcadas en el número de muestras positivas (reaccionantes) entre pruebas. La prueba que detectó el mayor número de muestra reaccionantes fue la lenta en tubo 7,5 %, seguida por rosa de bengala modificada 3 %, luego ELISAc 2,5 % y 0,5 % en rosa de bengala 8 %. No hubo diferencias en las reacciones positivas para la edad, raza y sexo de los animales.

Palabras clave: *Brucella abortus*, reacción, anticuerpos, pequeños rumiantes.

ABSTRACT

403 samples of blood serum from adult and young sheep with no history of vaccination against *Brucella* were analyzed, from production units in the municipalities Araure, Guanare, Ospino, Papelón and San Genaro de Boconoíto in the Portuguese state. The objectives were to identify the presence of *anti Brucella abortus* antibodies by using the rose bengal test at cell concentrations of 3 and 8 %, slow tube and ELISAc and to determine the presence of *anti Brucella abortus* antibodies according to age, sex, and race of the sheep. For the laboratory analysis, the official field test for the diagnosis of brucellosis in bovine, rose bengal or card test (8 %) and the confirmatory tests (ELISAc and slow tube) were used. The 3 % modified rose bengal test was included. The rose bengal antigen was obtained from the Veterinary Research Institute, FONAIAP (now INIA). In the data analysis, descriptive statistics such as percentage distribution and frequency ($P < 5\%$), contingency tests ($P < 1\%$) were applied to associate the proportion of positive and negative reactions between the tests. Chi square tests of independence ($P < 1\%$) were applied to relate the racial group, age, and sex with the presence of antibodies. All tests showed the presence of *anti-brucella abortus* antibodies, with marked variations in the number of positive (reactive) samples between tests. The test that detected the highest number of reactant samples was the slow tube 7.5 %, followed by

(*)Recibido: 10-10-2018

Aceptado: 15-6-2019

¹Programa de Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare, Guanare 3350, Po. Venezuela. y_u_maris@hotmail.com

modified rose bengal 3 %, then ELISAc 2.5 % and 0.5 % in rose bengal 8 %. There were no differences in the positive reactions for the age, breed, and sex of the animals.

Key words: *Brucella abortus*, reaction, antibodies, small ruminants.

INTRODUCCIÓN

La brucelosis, es una zoonosis producida por distintas especies de bacterias del género *Brucella*. En Venezuela la *Brucella abortus* es la que afecta principalmente a los rebaños bovinos, en cuanto a los ovinos y caprinos existe una alta tasa de positividad a pruebas serológicas con antígenos de *Brucella abortus*, sin presentar síntomas de brucelosis, pueden ser portadores sanos. Como consecuencia de la infección se produce una caída de la producción, lo que ocasiona una merma notablemente en los medios de subsistencia de los productores, además de mantener la infección en el rebaño bovino cuando coexisten en un mismo ambiente y los rebaños infectados son responsables de la transmisión de la *Brucella* de forma directa e indirecta al hombre.

Para el diagnóstico de brucelosis en el laboratorio, se usan técnicas que incluyen desde el aislamiento del microorganismo hasta pruebas moleculares que amplían la seguridad en el control de la enfermedad. Los métodos directos usados son cultivo bacteriológico, tipificación y reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para la identificación de especie (Acha y Szyfres 2001; Sidor *et al.* 2013 y Pacheco 2016). En los métodos indirectos se utilizan pruebas serológicas que buscan la presencia de anticuerpos específicos anti-*brucella* en el suero del animal enfermo o infectado, en respuesta a la infección por *Brucella spp.* (Alton *et al.* 1988 y OIE 2008). En la República Bolivariana de Venezuela, según Resolución 036 sobre las Normas de vigilancia, prevención, control y erradicación de la brucelosis bovina (Gaceta Oficial 2017), figuran como pruebas oficiales para tamiz o screening las pruebas serológica rosa de bengala (RBT) y la prueba de aglutinación en placa con antígeno tamponado (BPAT). Están para confirmación definitiva o pruebas complementarias: la prueba lenta en tubo, prueba 2-Mercaptoetanol, ELISA Competitiva, ELISA Indirecto, fluorescencia

polarizada (FPA), fijación de complemento (FC) y reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

El objetivo de esta investigación fue identificar la presencia de anticuerpos anti *Brucella abortus* en ovinos, según la edad, sexo y raza del ovino mediante el uso de la prueba rosa de bengala a concentraciones celulares de 3 y 8 %, lenta en tubo y ELISAc.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 403 muestras en ovinos hembras y machos, adultos y jóvenes de diferentes fenotipos y sin historial de vacunación contra *Brucella*. Los animales se ubicaron en unidades de producción de los municipios Araure, Guanare, Ospino, Papelón y San Genaro de Boconoíto del estado Portuguesa. Se recolectó por animal muestra de sangre completa en dos tubos al vacío sin anticoagulante y aguja desechable (Vacutainer®). Las muestras colectadas se llevaron al laboratorio para separar el suero sanguíneo mediante centrifugación, se tomaron alícuotas de 2 ml y 5 ml, en tubos eppendorf y se almacenaron a - 20 °C hasta el análisis respectivo.

En el análisis de laboratorio se utilizó la prueba oficial de campo para diagnóstico de brucelosis en bovino como son: la prueba de rosa de bengala (RBT) o card test al 8 % y las recomendadas para confirmación definitiva como: prueba de ELISA Competitiva y prueba lenta en tubo. Además se incluyó una modificación de la prueba de rosa de bengala a una concentración celular de 3 %, modificación a los volúmenes de reacción para la especie caprina y ovina recomendada para mejorar la sensibilidad de la prueba (OIE 2008). Ambos antígenos utilizados para la prueba card test se prepararon en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Veterinarias del INIA, en Maracay. La prueba de rosa de bengala al 8 y 3 % se realizó en el

laboratorio de microbiología de la UNELLEZ, Guanare. La prueba lenta en tubo se procesó en el laboratorio zoonosanitario del INSAI, Araure y para la prueba ELISAc se contó con el servicio privado de un laboratorio ubicado en Barquisimeto, estado Lara.

Para el análisis de los datos se aplicó estadística descriptiva como distribución porcentual y frecuencia ($P < 5\%$), pruebas de contingencia ($P < 1\%$) para la proporción de reacciones positivas y negativas entre las pruebas evaluadas y para relacionar grupo racial, edad, sexo se utilizó pruebas de Chi cuadrado ($P < 1\%$). Para este propósito se utilizó el paquete estadístico Statistix 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presencia de anticuerpos de *Brucella abortus* en ovinos

En la Tabla 1 se observa que todas las pruebas utilizadas detectaron la presencia de

Tabla 1. Comparación de cuatro pruebas de diagnóstico de brucelosis en muestras serológicas de ovinos.

Reacción	Rosa de Bengala 8%	Rosa de Bengala 3%	Lenta en tubo	ELISAc
Negativo	401 (99,5 %)	383 (95 %)	307 (92,5 %)	393 (97,5 %)
Positivo	2 (0,5 %)	20 (5 %)	25 (7,5 %)	10 (2,5 %)
Total	403	403	332	403

Para todas la pruebas utilizadas no hubo diferencias en las reacciones positivas para la edad, raza y sexo de los animales, resultados coincidentes con Colmenárez (2006) y Javitt *et al.* (2009).

Comparación entre pruebas

Al correlacionar cualitativamente los resultados entre pruebas (Tabla 2), se observó que el número de muestras positivas para las pruebas rosa de bengala al 8 % vs ELISAc y lenta en tubo no fue significativa ($P > 0,05$), es decir, muestras que fueron detectadas positivas con una prueba, en otra no fue diagnosticada con el mismo resultado. Sin embargo, hubo correlación positiva y altamente significativa ($P < 0,01$) entre rosa de bengala al 3 % vs: ELISAc, rosa de bengala al 3 % y lenta en tubo, esto significa que la muestra

anticuerpos *anti Brucella abortus* en las muestras evaluadas, con variaciones marcadas en el número de positivos (reaccionantes) entre pruebas. La que detectó el mayor número de muestras positivas fue la lenta en tubo (7,5 %) y la menor fue rosa de bengala oficial (0,5 %). Rosa de bengala modificada fue considerablemente superior a la prueba oficial. Estos resultados coinciden con los de Lord *et al.* (1987), quienes reportaron mayor porcentaje de animales reactivos con la prueba lenta en tubo. Si se compara rosa de bengala 8 % y 3 %, se asemeja a los resultados citados con Díaz *et al.* (1999), quienes concluyeron que la prueba rosa de bengala al 8 % para el diagnóstico de la brucelosis en caprinos, es inadecuada debido a su baja sensibilidad, por lo que es recomendable la utilización del antígeno rosa de bengala preparado a una concentración del 3 %.

La prueba de ELISAc detectó 2,5 %, intermedia entre rosa de bengala modificada y la lenta en tubo.

diagnosticada como positiva o reaccionante en una de las pruebas, expresa igual resultado con las otras pruebas.

Existió correlación significativa entre ELISAc y lenta en tubo, lo que se evidencia en la Tabla 3, porque cinco muestras positivas detectadas por lenta en tubo a dilución de 1:25 (2) y 1:50 (3) también resultaron positivas con ELISAc, sin embargo cinco (5) muestras positivas en ELISAc no reaccionaron en lenta en tubo, ni en otra prueba. La interpretación es que toda prueba positiva a lenta en tubo a diluciones de 1:25 y 1:50 resultan con igual reacción para ELISAc, no así para la reacción positiva detectada por ELISAc. En este sentido, D'Pool *et al.* (2004), McGiven *et al.* (2003) y Nielsen *et al.* (2005) refieren que las técnicas de ELISAc para el diagnóstico de brucelosis pueden identificar títulos de anticuerpos

significativamente más bajos de los que pueden detectar otras pruebas como rosa de bengala, lenta en tubo o fijación de complemento.

Candelo (2009) comenta que debido a los bajos niveles de anticuerpos aglutinantes, las pruebas de aglutinación en placa y tubo, poseen un valor limitado, esto hace necesario aplicar criterios estrictos de interpretación, es común considerar positivas reacciones de 1:25, sin embargo, se recomienda registrar como positivos los reactores a la dilución 1:50.

De igual manera, los datos de la Tabla 2 indican que no hay diferencia estadística ($P > 0,05$) entre las pruebas ELISAc y rosa de bengala 8 %, lo que significa que entre éstas no hubo casos positivos coincidentes. Cinco muestras positivas con ELISAc no fueron diagnosticadas por rosa de bengala al 8 % (Tabla 3). En tal sentido, Valeris y Boscan (2012) argumentaron que casos positivos a brucelosis a través de la prueba de ELISAc y negativos con rosa de bengala, puede deberse a que esos anticuerpos de alta avidéz detectados en ELISAc no eran aglutinantes, requisito para ser detectados en la prueba rosa de bengala.

En el caso de rosa de bengala 8 % respecto a la lenta en tubo, solo una muestra resultó positiva en ambas pruebas. Hubo reaccionantes en lenta en tubo que no se detectaron con rosa de bengala al 8 %. La prueba que detectó el mayor número de reaccionantes fue la lenta en tubo con títulos hasta 1:50, resultado que coincide con Lord *et al.* (1987), quienes reportaron que el mayor porcentaje de animales reactores fueron detectados con el uso de la prueba lenta en tubo.

Al comparar rosa de bengala 8 y 3 % respecto a ELISAc, se evidenció que todas las muestras reaccionantes en las dos primeras pruebas también mostraron positividad en la ELISAc lo que evidenció una correlación positiva entre estas tres pruebas.

Tabla 2. Correlación cualitativa (contingencia) entre pruebas diagnósticas de brucelosis en muestras serológicas de ovinos.

Prueba	Rosa de Bengala 3 %	Rosa de Bengala 8 %	Lenta en tubo
ELISAc	17,04 **	0,02 ns	5,14 *
Rosa de Bengala 3%		20,5 **	45,84 **
Rosa de Bengala 8%			0,08 ns

*= ($P < 0,05$), **= ($P < 0,01$), ns= no significativo.

Tabla 3. Correlación entre las pruebas con resultados positivos para anticuerpos anti *Brucella abortus* en ovinos.

Prueba	Positivos	Elisac	RB 3%	RB 8%	Lenta en tubo
ELISAc	5	5			
RB 3 %	3	+	+		
RB 8%	1	+	+	+	+
Lenta en tubo UI/ml					
1:25	1	+	+		
1:25	7		+		
1:25	1	+	+	+	
1:25	1				
1:50	1		+		
1:50	3	+	+		

RB. Rosa de bengala

CONCLUSIONES

Se demostró la presencia de anticuerpos contra *Brucella abortus* en la especie ovina, sin diferencias de edad, sexo y raza.

Hubo variabilidad marcada en el número de muestras positivas (reaccionantes) detectados por las diferentes pruebas.

La prueba que detectó el mayor número de muestras positivas fue la lenta en tubo y la menor fue rosa de bengala oficial. Rosa de bengala modificada fue considerablemente superior a la prueba oficial.

Se observó que todas las muestras reaccionantes en la prueba rosa de bengala 8% y 3% mostraron la misma reacción positiva en la prueba ELISAc. Por lo que sumado a la rapidez y objetividad de la técnica ELISAc, hace que esta última se proponga como una herramienta útil a considerar en la especie ovina para el diagnóstico de anticuerpos específicos anti-*Brucella abortus*.

REFERENCIAS

Acha, P. y Szyfres, B. 2001. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. Organización Panamericana de la Salud- Organización Mundial de la Salud. 3ra Edición. Publicación Científica y Técnica 1 (580): 28-57.

Alton, G., Jones, L., Angus, R., and Pites, D. 1988. Techniques for the Brucellosis laboratory. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, Francia. 190 p.

Candelo de Arriojas, N. 2009. Todo lo que se debe saber sobre brucelosis en bovinos. CENIAP HOY (Maracay, Venezuela). N° 4. Mimeo.

Colmenárez, M. 2006. Seroprevalencia de brucelosis caprina en explotaciones intensivas y extensivas de diferentes sectores de los municipios Iribaren y Jimenez, estado Lara. Trabajo Especialista en

Medicina Veterinaria Preventiva UCLA, Decanato de Ciencias Veterinarias. Barquisimeto. 47 p.

Díaz, A., Blasco, J. y Suárez, F. 1999. Prueba de tarjeta modificada para el diagnóstico de la brucelosis caprina Vet. Méx. 30(4): 307-311.

D'Pool, G., Rivera, S., Torres, T., Pérez, M., García, A., Castejón, O. y Rojas, N. 2004. Prevalencia de brucelosis bovina mediante Elisa competitivo en el municipio La Cañada de Urdaneta, estado Zulia, Venezuela. Revista Científica, FCV-LUZ. XIV(2): 168-176.

Gaceta Oficial. 2017. República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras. Normas sobre la vigilancia, prevención, control y erradicación de la brucelosis bovina. Año CXLIV. mes XII (41.249). Resolución DM/N 036.

Javitt, M., Páez, Z., Duran, J. y Meléndez, I. 2009. Seroprevalencia de la brucelosis en pequeños rumiantes. Municipio Torres. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. 10 (8). 1-13. [Revista en línea] En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redve> [mayo de 2017].

Lord de V., Nieto S., Sandoval, E., Meléndez, G. y Ruiz, R. 1987. Brucelosis en caprinos: estudios serológicos y bacteriológicos en Venezuela. [Artículo en línea]. En: <http://apriscodonantonio.blogspot.com/2012/04/brucelosis-en-caprinos-estudios.html>. [febrero de 2017].

McGiven, J., Tucker, J. and Prett, J. 2003. Validation of FPA and cELISA for the detection of antibodies to *Brucella abortus* in cattle sera and comparison to SAT, CFT and ELISA. Journal Immunological Methods 278:171-178.

Nielsen, K., Gall, D., Smith, P., Bermudez, R., Moreno, F., Renteria, T., Ruiz, A., Aparicio,

L., Vazquez, S., Dajer, A., Luna, E., Samartino, L. and Halbert, G. 2005. Evaluation of serological tests for detection of caprine antibody to *Brucella melitensis*. Small Rumin Res. 56: 253-258.

OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal 2008. Brucelosis bovina. En Manual de la OIE sobre animales terrestres. 16^a edición. Edit. Office International des Epizooties, Paris, France. pp. 684-713.

Pacheco, N. 2016. Etiopatogenia de la brucelosis en las diferentes especies. XIX Curso de brucelosis bovina, Portuguesa. Venezuela. DC.

Sidor, I., Dunn, J., Tsongalis, G., Carlson, J. and Frasca, S. 2013. A multiplex real-time polymerase chain reaction assay with two internal controls for the detection of *Brucella* 74 species in tissues, blood, and feces from marine mammals. J. Vet. Diagn. Invest. 25: 72-81.

Valeris, R. y Boscan, L. 2012. Seroprevalencia de leptospirosis y brucelosis en explotaciones caprinas del municipio Mauroa, estado Falcón, Venezuela. Revista Científica FCV-LUZ. 22(3): 231-237.