



Gobierno
Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para la **Agricultura y Tierras**

Instituto Nacional de **Investigaciones Agrícolas**

omía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

**Agronomía
Tropical**

Depósito Legal: AR2017000075

ISSN: 2542 - 3363

AÑO 2016 VOL. 66 No. 1-2

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS



ISSN: 2542 - 3363

Dep. Legal: AR2017000075

AGRONOMÍA TROPICAL es publicada para la socialización del conocimiento científico y humanístico, en los diferentes componentes de los sistemas de producción agrícola vegetal que garanticen la producción de alimentos y temas que contribuyan con la sustentabilidad de los sistemas agro productivos.

Correo electrónico: agronomia.tropical.inia@gmail.com

Miembros Fundadores

Luis Medina	Fonaiap Ceniap
Bruno Mazzani†	Fonaiap Ceniap
W. S. Ilijn	Fonaiap Ceniap
Rafael Pontis Videla	Fonaiap Ceniap
Jesús Silva Calvo	Fonaiap Ceniap
Gino Malagutti†	Fonaiap Ceniap
Guisepe Ravanello	Fonaiap Ceniap
Luis A. Salas F	Fonaiap Ceniap
S. Horovitz	Fonaiap Ceniap
P. Obregón	Fonaiap Ceniap
Dora M. de Zerpa†	UCV-Agronomía

Comite Editorial

Ligia Carolina Rosales	Editora Jefe
Andreina Muñoz	Editora Asistente
Oralys León	Editora Técnico
Nick Crespo	Editor Técnico
Eva Candelo	Secretaria
Ana Beatriz Briceño	Diagramadora

Editada por la Gerencia de Investigación e Innovación Tecnológica
Coordinación del Área de Gestión de la Información

Giomar Blanco
Daniel Martin
Nohelia Rodríguez

Yenry Urrea
Nicolas García

Presidente
Gerente General
Gerente de Investigación e Innovación Tecnológica
Gerente de Producción Social
Gerente de Participación y Desarrollo Comunitario

Editores Asociados

Rafael Montilla	Sección Biodiversidad y Entomología
Liliana Velázquez	Sección Desarrollo Rural y Educación
Mercedes Pérez Macias	Sección Ecofisiología y Bioclimatología
Renny Barrios	Sección Edafología y Bioestadística
María Sindoni	Sección Producción Vegetal y Fruticultural
Ezequiel Rangel	Sección Tecnologías agrícolas y Biotecnología

Consejo Asesor

Julia Gilabert de Brito	INIA Venezuela
Carlos Hidalgo	INIA Venezuela
Griselda Colmenares	UCV Venezuela
Juan Comerma	INIA Venezuela
Morela Fuchs	INIA Venezuela
Ramón Silva Acuña	INIA Venezuela
Jesús Méndez	UDO Venezuela
Osmar Quijada	INIA Venezuela
Oscar Rengifo	UNERG Venezuela
Iris Sánchez	INIA Venezuela
Freddy Gil	UCV Venezuela
Juan Vergara	INIA Venezuela

Indización

C.A.B. Internacional	(U.K.)
Biosis Zoological Records	(USA)
Agroforestry Abstracts	(USA)
IICA- CIDIA	(Costa Rica)
Royal Tropic Institute	(Tropag & Rural, Holanda)
AGRIS	(FAO, Roma)
LATINDEX	(México)
IAMSLIC	(USA)
Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias	(México)
MEDIATHEK	(Alemania)
Periodica	(México)
REVENCYT	(Venezuela)
Base de Datos REVIS	(CATIE, Costa Rica)
Base de Datos RISPAL	(CATIE, Costa Rica)
Base Agrícola Venezolana	(INIA, Venezuela)
Bioline	(Canadá)
Scielo	(Venezuela)
Scopus	(EUA)
HINARI	(FAO Italia)
Org. de Estados Iberoamericanos	(Colombia)
Citefactor	(Canadá)

AGRONOMÍA TROPICAL

Agronomía Trop.

**Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras
Maracay, Venezuela**

EDITORIAL

“La ciencia no sabe de países, porque el conocimiento le pertenece a la humanidad y es la antorcha que ilumina el mundo. La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de todo progreso.”

Louis Pasteur

La comunicación científica, en los últimos tiempos, ha logrado que la información que se genera en el proceso de investigación pueda ser difundida a sus pares, nacional e internacionalmente de forma inmediata.

En sus orígenes, la difusión de los hallazgos científicos involucraba una elite que producía la información y un sector cautivo mayoritario se concentraba en ser receptor de esos conocimientos.

Con el pasar de los años, la comunicación unidireccional ha evolucionado a una comunicación participativa que involucra a todos los actores del proceso, desde los investigadores hasta los beneficiarios finales; esto ha favorecido el desarrollo de innumerables publicaciones que reciben contribuciones de científicos de gran trayectoria, así como de investigadores noveles que inician su carrera en el maravilloso mundo de los descubrimientos y las innovaciones.

Las nuevas tecnologías contribuyen, de forma multidimensional, a mejorar tanto la presentación de estas publicaciones, como a ampliar el alcance de las mismas; así cualquier investigador en el mundo puede colocar a la disposición de la sociedad los productos de su trabajo intelectual en formatos que pueden estar de lo tradicional a lo interactivo.

El objetivo del proceso de socialización de los resultados de la investigación agrícola es ayudar a consolidar una producción de alimentos óptimos que permita cubrir las necesidades de los habitantes de nuestro planeta, sin perjudicar al hombre y el ambiente.

En este sentido, la Revista Agronomía Tropical del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela, en sus 67 años de trayectoria ha publicado temas en todas las áreas especializadas de la agricultura, convirtiéndose en un referencial del conocimiento científico.

Para proseguir con esta trayectoria se presenta en este volumen una serie de trabajos, que fortalecen el conocimiento agroproductivo de rubros importantes como yuca, café, caraota y de potencialidad como el jobo; además muestra algunos aportes en el área del control de plagas, propiciando el uso de bioinsumos, al tiempo de contribuir con la comprensión de la diversidad de insectos de Venezuela.

Así mismo, realza temas relacionados al cambio climático, además del impacto generado por los cambios en la agricultura tradicional de las culturas originarias, y presenta algunos trabajos relacionados a las nuevas tecnologías agrícolas. Dejando en claro que el avance de la producción agrícola de un país depende en gran magnitud del conocimiento generado por la investigación y la socialización al mundo de los expertos comprometidos con la humanidad.

Ligia Carolina Rosales
EDITORA JEFA

TABLA DE CONTENIDO Vol. 66 N° 1-2**Artículos Científicos**

Radhika A. S. y Sahayaraj K.

Actividad insecticida de las combinaciones de monocrotopos y pungam para el manejo de plagas de algodón en condiciones de laboratorio 125

Techeira De Soto N. S.; Román Montilla Y. J.; Marín Urbina C. A.; Ibarra Vergara Y. K. y Yamarte Armas J. R.

Evaluación físico química y sensorial de tartaletas elaboradas con harinas de yuca y batata 135

Domínguez A., Pérez Y., Sosa M., Alemán S., Fuentes L., Darías R., Rea R. y Sosa D.

Evaluación de líneas avanzadas de caraota al déficit hídrico durante la fase de plántula 145

Barrios Maestre R., Silva-Acuña R., Romero Martínez G., Maza I. y Zerpa Evans L.

Caracterización de propiedades físicas de suelos cultivados con cafeto del municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela 155

Cáliz de Dios H., Sánchez Bacab M. C. y Canul Naal Y. C.

Cambios en la agricultura de la zona maya de la península de Yucatán, México..... 167

Gil Marín J. A., Montañó-Mata N. J., Oliveros L. S., Barrios Maestre R., Mark Placencio D. V. y Guatarasma A.

Efecto del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) sobre las precipitaciones del piedemonte y la zona alta del estado Monagas, Venezuela 187

NOTA TÉCNICA

Bravo M. V.; Herreral F. F. y Martín N.

Áreas potenciales de distribución de *Spondias mombin* L. en Venezuela mediante análisis espacial SIG 199

Montilla Coronado R. P. y García Rodríguez J. L.

Coptera barinensis Montilla y García nom. nov. para *Coptera carinata* Montilla y García, 2008 (Hymenoptera: Diapriidae, Psilini) 207

Instrucciones al autor 219

TABLE OF CONTENTS Vol. 61 N° 1-2

Scientific Articles

Radhika A. S. and Sahayaraj K. Insecticidal activity of monocrotophos and pungam oil combinations for cotton pests management under laboratory condition	125
Techeira De Soto N. S.; Román Montilla Y. J.; Marín Urbina C. A.; Ibarra Vergara Y. K. and Yamarte Armas J. R. Physico-chemical and sensorial evaluation of tartlets obtained from cassava and sweet potato flours	135
Domínguez A., Pérez Y., Sosa M., Alemán S., Fuentes L., Darías R., Rea R. and Sosa D. Evaluation of common bean advanced lines to the water deficit during seedling stage	145
Barrios Maestre R., Silva-Acuña R., Romero Martínez G., Maza I. and Zerpa Evans L. Characterization of physical properties of soils cultivated with coffee in the municipality of Caripe, Monagas state, Venezuela	155
Cáliz de Dios H., Sánchez Bacab M. C. and Canul Naal Y. C. Changes in the agriculture in the mayan zone of the Yucatan peninsula, in Mexico	167
Gil Marín J. A., Montaña-Mata N. J., Oliveros L. S., Barrios Maestre R., Mark Placencio D. V. and Guatarasma A. Effect of El Niño – Southern Oscillation (ENSO) episodes on rainfall of piedmont and high area in the Monagas State, Venezuela	187
Technical Note	
Bravo M. V.; Herreral F. F. and Martin N. Potential distribution areas of <i>Spondias mombin</i> L. in Venezuela through spatial analysis SIG	199
Montilla Coronado R. P. and García Rodríguez J. L. <i>Coptera barinensis</i> Montilla y García nom. nov. for <i>Coptera carinata</i> Montilla y García, 2008 (Hymenoptera: Diapriidae, Psilini)	207
Instructions to the author	219

Insecticidal activity of monocrotophos and pungam oil combinations for cotton pests management under laboratory condition

Actividad insecticida de las combinaciones de monocrotophos y pungam para el manejo de plagas de algodón en condiciones de laboratorio

S. Anbu Radhika and Kitherian Sahayaraj*

Crop Protection Research Centre, St. Xavier's College, Tamil Nadu, India. *e-mail: ksraj48@gmail.com

ABSTRACT

In this experiment, the joint action of crude pungam oil and a conventional insecticide monocrotophos was evaluated against *Pericallia ricini* (Fab.) (Lepidoptera: Arctiidae) third stadium larvae and red cotton bug *Dysdercus cingulatus* (Fab.) (Hemiptera: Pyrrhocoridae) adults under laboratory conditions. Monocrotophos and pungam oil were blended in 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 and 5:5 proportions and used for the bioassay. Dose dependent mortality was not observed in the tested insects. *Dysdercus cingulatus* males showed higher resistance than females. Between two insect pests, lepidopteron larvae showed more resistance than hemipteran adults. Synergistic effects of monocrotophos with pungam oil were calculated by means of Sun's Co-toxicity Coefficients (CTC) and Finney's Synergistic Coefficient (SC), were recorded independent and antagonistic actions respectively. In conclusion, the pesticide was found to act additively with pungam oil under *in vitro* tested condition.

Key words: *Dysdercus cingulatus*, *Pericallia ricini*, conventional insecticide, essential oil, mortality.

RESUMEN

Se evaluó en condiciones de laboratorio los efectos conjuntos de aceite de pungam crudo y el insecticida convencional monocrotophos, sobre larvas de tercer estadio de *Pericallia ricini* (Fab.) (Lepidoptera: Arctiidae) y adultos del chinche rojo del algodón *Dysdercus cingulatus* (Fab.) (Hemiptera: Pyrrhocoridae). Monocrotophos y aceite de pungam se mezclaron en las proporciones 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 y 5:5 y se utilizaron para los bioensayos. La mortalidad dependiente de la dosis no se observó en los insectos ensayados. *Dysdercus cingulatus* machos mostraron mayor resistencia que las hembras. Entre las dos plagas evaluadas, las larvas del lepidóptero mostraron más resistencia que los adultos del hemíptero. Los efectos sinérgicos de monocrotophos con aceite de pungam se calcularon por medio de coeficientes de Sun Co-toxicidad (CTC) y Coeficiente sinérgico de Finney (SC), Se registraron acciones independientes y antagonistas, respectivamente. En conclusión, se encontró que el plaguicida actuaba aditivamente con aceite de pungam bajo condiciones ensayadas *in vitro*.

Palabras Clave: *Dysdercus cingulatus*, *Pericallia ricini*, insecticida convencional, aceite esencial, mortalidad.

INTRODUCTION

Species of *Dysdercus* and *Pericallia* are important pests of cotton cultivars at various parts of the world. The red cotton bug *Dysdercus cingulatus* (Fab.) (Hemiptera: Pyrrhocoridae), both the adults and nymphs feed on the developing cotton boll and foliage seriously affects the crop yield and also the fruits quality thereby reducing its market value (Manzoor and Haseeb 2015). Monocrotophos was recommended for the management of *D. cingulatus* (Vennila *et al.* 2013). Another important pest of cotton is *Pericallia ricini* (Fab.) (Lepidoptera: Arctiidae) commonly known as castor hairy caterpillar, is a serious pest of cotton, castor, sunflower, gingelly, maize, ivy gourd, brinjal, sweetpotato, banana, Cucurbita, etc. (NBAIR 2018). Organophosphorus like monocrotophos is very useful to manage this pest since the 1980s (Pandey *et al.* 1980). Neem oil was also used for the *P. ricini* management (Chockalingam *et al.* 1987).

Monocrotophos a water-soluble organophosphate insecticide and acaricide used to control various pestiferous insects and mites on a variety of crops. However, monocrotophos is classified under highly hazardous pesticides by World Health Organization in 2004. Hence, monocrotophos is banned in United States of America, China, European Union, Indonesia, Argentina, Australia, South Africa and a few other nations. But in India, monocrotophos was banned for vegetables pest management (CIBRC, 2018). Available reports in India reveals that monocrotophos is toxic to human, birds, shrimps, crabs and moderately toxic for fishes (World Health Organization. 2009). Hence, it is essential to reduce the monocrotophos content in Indian pest management practice. As an initial step, in this research, we incorporate pungam oil, an important component of bio-intensive integrated pest management (BIPM) in order to reduce monocrotophos quantity.

Plant essential oils showed variety of bioactivity such as repellent, ovipositional, ovicidal and insecticidal activity against many insect pests (Srivastava *et al.* 2015) due to the presence of different bioactive principles. *Pongamia pinnata* L. [= *P. glabra* Vent. and *Derris indica* (Lamk) Bennet] has rich source of flavonoids (Pavela and Herda 2007) and alkaloids *viz.*, demethoxykanugin, gamatay, glabrin, glabrosaponin,

kaempferol, kanjone, kanugin, karangin, neoglabrin, pinnatin, pongamol, pongapin, quercitin, saponin, b-sitosterol, and tannins (Kumar and Singh 2002). Pungam oil showed insecticidal (Mariam and Chandramohan, 2000; Abo-El Seoud *et al.* 2005; Pavela and Herda, 2007; Adiroubane and Raghuraman, 2008; Mathur *et al.* 2012), acaricide (Ramaraju 2004) and anti-phytopathogenic (Narasimhan *et al.* 1998; Rajappan *et al.* 1999; Rajappan *et al.* 2001) activities. Further, pungam oil-based commercial insecticide PONNEEM also shows insecticidal activity (Packiam and Ignacimuthu 2012; Packiam *et al.* 2014).

Combined effects of oils and insecticides have been previously reported in the literature (Martín-López *et al.* 2006; War *et al.* 2011; Packiam *et al.* 2014). The hypothesis in this study was that the addition of pungam oil to the insecticide mixture will reduce the doses of monocrotophos, the record the best combinations, keeping mortality in defoliating and sucking insects. Moreover, so far there are no studies on the combined action of pungam oil and chemical insecticide monocrotophos. Considering the lacuna and also the importance of this eco-friendly approach, the present study was conducted in the laboratory to evaluate efficacy of pungam oil and monocrotophos mixture at various concentrations (0, 10, 20, 30, 40, 50 and 100%) against *D. cingulatus* adults and *P. ricini* third stadium larvae.

MATERIAL AND METHODS

Collection and maintenance of pests

Insects were collected at different stages of development of red cotton bug *D. cingulatus*, Tirunelveli and Thoothukudi districts, state Tamil Nadu, India. Insects were maintained on cotton seeds soaked in water in laboratory conditions at 29 ± 1.5 °C temperature, $75 \pm 5\%$ relative humidity and 11L:13D photoperiod. The eggs laid by the pests were maintained in a small plastic container (60 ml capacity). Once the red cotton bugs had reproduced for two generations, adults (289.3 and 532.2 mg for male and female, respectively) were selected for the bioassay. Sexed adult bugs used in all the experiments were about one day old.

Life stages of *P. ricini* were collected from castor and cotton agro-ecosystems of Tirunelveli Districts, Tamil Nadu and were maintained on castor leaves at room temperature (29 ± 1.5 °C), relative humidity (70-80%) and photo period of 11L and 13D h in 1L capacity transparent plastic containers (7.0 x 15.0cm). Laboratory emerged adults of *P. ricini* (> 1 - day) (43.7 mg) were introduced separately into the chamber oviposition (43.7 cm x 35.0 cm) and fed with 10% solution sucrose, fortified with a few drops of mixture of vitamins (vitamin tablet Supradyn Multi) to improve the position. Batches of eggs were removed, maintained and incubated in petri dishes (1.5 cm x 9.5 cm). Larvae reared in the laboratory, to reach the third instar were inhibited food 6-12 hrs (452.7 mg) and then used for the experiment.

Pesticide preparations

Commercial formulations of monocrotophos (Jeyakrishna Pesticide Limited, Salem) and also pungam oil were purchased from the local market and utilized for the experiment. For monocrotophos and pungam oil, recommended field dose of 0.03% and 0.3% respectively was prepared using tap water. Monocrotophos was blended with pungam oil in five proportions: 1) 9:1 [10%-27 μ l monocrotophos + 3 μ l oil + 5 μ l teepol (0.01%) + 99.92 ml tap water]; 2) 8:2 (20%-24 μ l monocrotophos + 6 μ l oil + 5 μ l teepol + 99.92 ml tap water); 3) 7:3 (30%-21 μ l monocrotophos + 9 μ l oil + 5 μ l teepol + 99.92 ml tap water); 4) 6:4 (40%-18 μ l monocrotophos + 12 μ l oil + 5 μ l teepol + 99.92 ml tap water -); 5) 5:5 (50%-15 μ l monocrotophos + 15 μ l oil + 5 μ l teepol + 99.92 ml tap water) and used for the bioassay. For the preparation of mixture, in 1.5 ml effondoff tube, exact quantity of monocrotophos was taken using micro-pipette, and then desired quantity of crude pungam oil was added, gently and vigorously mixed thoroughly for 5 to 8 minutes. Add 5 μ l of teepol, again mix gently against to get a clear solution. A 99.92 ml tap water was taken in a 100 ml capacity conical flask, pungam oil and monocrotophos mixture was added and used for the bioassay. UV-visible spectrum for pungam oil, monocrotophos and their mixture were recorded using UV-1800 (Shimadzu, Japan).

Toxicity bioassay

Two pieces of 2 x 2 cm size cotton leaves were dipped into the insecticide + pungam oil mixture solution for 10 minutes, air dried for 5-8 minutes and placed into the plastic vials (5.2 cm x 4.4 cm). Three *D. cingulatus* adult males were introduced. However, for *P. ricini* larvae, 1 g of castor leaves were dipped in insecticide + pungam oil mixture and the above procedure was followed, with each treatment represented by at least 6 replicates of 3 insects each. Control category was treated with tap water along with 5 μ l teepol (0.01%). After 24 hours, unfed leaves, faecal pellets and dead animals were removed. Then the animals were maintained with fresh leaves up to their death. Dead animals were counted after 24, 48, 72 and 96 hours of exposure to the oil, monocrotophos, and their mixtures. Live insects were monitored for the survival and growth until reaching maturity. Leaf-dip method was followed for assaying toxicity according to standard protocol as previously described. Water alone was used as negative control and monocrotophos as positive control.

Joint action studies

The interaction between the various concentrations of pesticides were evaluated larvae, exposing toxic substances mixed together in their respective levels LC50, and was applied using the bioassay method of immersion of the leaf, recording the larval mortality. The joint action of monocrotophos + pungam oil mixtures at different concentrations was calculated in terms of Sun and Johnson co-toxicity factor (Sun and Johnson, 1960) to differentiate between potentiation, antagonism and additive effects using the following formula:

$$\text{Co-toxicity factor} = (O - E) / E \times 100$$

where, O is observed % mortality and E is expected mortality.

The co-toxicity factor differentiates the results into three categories. A positive factor of ≥ 20 indicates potentiation, a negative factor of ≤ -20 indicates antagonism, and the intermediate values of > -20 to < 20 indicate an additive effect. Since LC50 values obtained were estimated mathematically, they were tested again in the insect, in order to clarify the expected mortality.

Synergistic / antagonistic action

These tests were carried out to determine the synergistic / antagonistic action resulting from mixing of a definite quantity of insecticide at the concentration level causing no observed mortality (eg: LC0) with the plant oil essential at its LC50 value. By comparing the observed mortality with the expected mortality of the mixture (50%), the synergistic / antagonistic resulting factor (SF) could give an indication of the nature of the effect: $SF > 1$ means synergism; $SF < 1$ means antagonism; $SF = 1$ means no obvious effect (Thangam and Kathiresan 1990). According to Mansour *et al.* (2010), a safety factor of ± 0.05 was considered when ranking the synergism, $SF > 1.05$ and antagonism $SF < 0.95$.

Statistical Analysis

Corrected mortality was calculated as per Abbott correction formulae (Abbott, 1925) and then LC30, LC50 and LC90 values were derived using Probit analysis method (Finney 1971). Mean and standard error were calculated from the replication data. Mortality data were analyzed in a single factor analysis of variance (ANOVA) by SPSS version 20.0. Mortality data of monocrotophos and pungam oil treated animals were subjected to Students "t" test. All significance was expressed at 5% level.

RESULTS AND DISCUSSIONS

This was the first time that an essential oil of a plant was blended with monocrotophos and their toxicity was tested against cotton pests.

Pungam oil consists of higher proportion of mono-unsaturated fatty acid (46%) and polyunsaturated fatty acid (33%) (Kumar and Kalidhar, 2003). When pungam oil was mixed with monocrotophos, a peptide linkage was formed and the following products were obtained (Figure 1). During our blending preparation, no precipitate was recorded for this combination and we recommend using this combination as pest management components of our farmers. Moreover, the mixture was more stable up to six months under the laboratory conditions.

UV-visible spectrophotometer analyses reveals λ max ranged 317 and 365 nm (365, 344 and 317 nm), 317 and 358 nm (358, 349, 333 and 317 nm) and 390 and 317 nm (390, 376, 356, 344, 337, 323, 317 nm) for crude pungam oil, monocrotophos and mixture respectively. In mixture the λ max common were 317, 344, 337 and 356 nm.

Monocrotophos at 0.03% caused 84.4% ($t = 1.740$, $P < 0.05$) and 80.0% ($t = 1.738$, $P < 0.05$) mortality for male and female, respectively within 96 h, whereas pungam oil (0.3%) caused less mortality [64.2% ($t = 1.741$, $P < 0.05$) and 70.7% ($t = 1.739$, $P < 0.05$) mortality for male and female, respectively]. Monocrotophos affects insect (Khalequzzaman and Nahar 2001) and mites (Kwon *et al.* 2010) nervous system which leads to their resistant against various insecticide. However, blending of pungam oil with MCP enhanced the mortality by 100.0% and 91.6% at 10 (df=10, 90; $F = 0.750$; $p = 0.000520$) and 20% (df=10,88; $F = 3.000$; $P < 0.00513$) respectively in male *D. cingulatus* (Figure 2). It shows blending

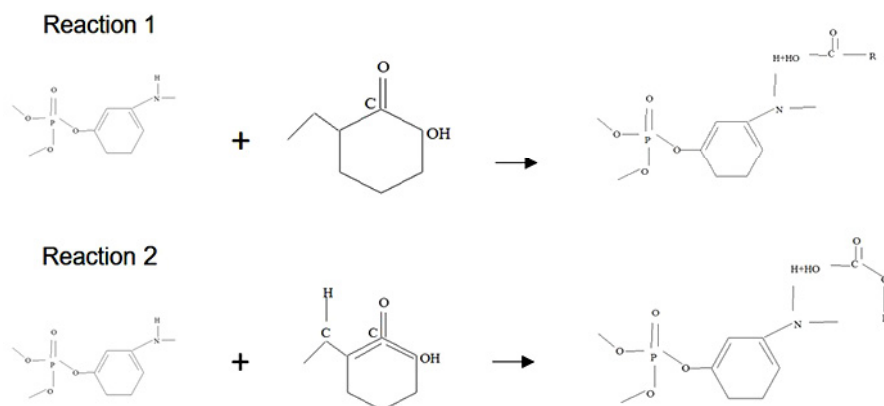


Figure 1. Reactions when pungam oil was mixed with monocrotophos.

of a small quantity of pungam oil increases the initial torpor, prolongs the duration of torpor, and results in a higher mortality of the insects. It was also reported that a combination of biological and chemical pesticide yields a promising alternative for insect pest management (Koppenhofer and Fuzy, 2003; Morales-Rodriguez and Peck, 2009). When pungam oil, neem oil, vijayneem and bio-silver nano particles were mixed with monocrotophos caused more mortality and weight loss of *Spodoptera litura* (Anbu Radhika and Sahayaraj 2014).

The best synergistic effect was recorded at LC50 value of 15.506% ($P < 0.05$) in female *D. cingulatus* than in male (LC50 = 24.464%; $P < 0.005$). Table 1 which indicates that females were more resistant against the mixtures than males. Since female has more fat body, the insect needs more test material (monocrotophos and crude pungam oil mixture) to oxidise and died very quickly (12.4, 17.1 and 22.1% for 30, 40 and 50% mixtures) than males (33.712, 46.615 and 54.143% for 30, 40 and 50% mixtures). In *P. ricini* larvae, significant of *P. ricini* the mortality was higher in 10% (df= 10, 80; $F = 5.729$; $P < 0.005$) and 20% (df=10, 87; $F = 96.000$; $p = 0.0005$) and 30% (df=10, 90; $F = 5.729$; $p = 0.005$) concentrations at 96 hrs of the exposure. Synergistic impact was very low in *P. ricini* larvae (LC50 = 28.752%;

$P < 0.05$). The comparison between the *D. cingulatus* and *P. ricini* showed that *D. cingulatus* adults have higher mortality (Figure 2) than *P. ricini* (Figure 3).

Prospectively pungam oil's synergic effects may be useful if mixed with a botanical neem insecticide in the azadirachtin bases (Kumar and Singh 2002; Srinivasa Rao et al. 2003), or with lower dosage of other synthetic insecticides (Vastrad et al. 2002; Rao and Dhingra 1997). Mortality results showed that combinations of mixture resulted in maximum activity more than the individual response of the pesticides. The mode of action of the essential oils or their constituents, as insecticides, remains unclear (Franzios et al. 1997). Further, they reported that many of them deter insects from feeding, while other have been proved to be neurotoxicant in their action or insect growth regulators, including analogs and antagonists of endogenous hormones.

We observed both the insecticidal and antagonistic activity of pungam oil and monocrotophos mixture. Antagonism is a diminution in the biological activity of a mixture of components compared with the individual activity of each component alone. We recommend the 9:1 (10%) mixture for both defoliating and sucking pests management. Sun and Johnson

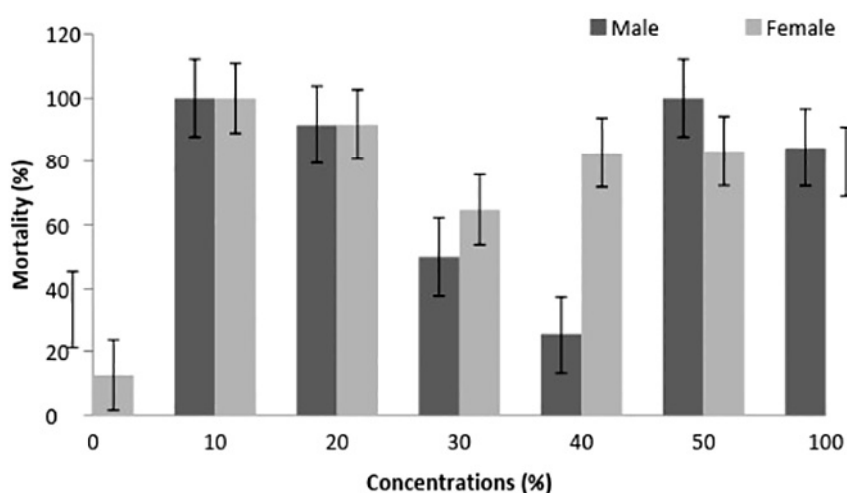


Figure 2. The mortality of *Dysdercus cingulatus* male and female exposed at 96 h to the mixture of monocrotophos and pungam oil at 90 + 10 (10%), 80 + 20 (20%), 70 + 30 (30%), 60 + 40 (40%) and 50 + 50 (50%) proportions.

(1960) and Mansour *et al.* (2010) synergistic factor analyses showed only antagonism both in *D. cingulatus* adults (male and female) and *P. ricini* larvae (Table 2) (Mansour *et al.* 2010). Results reveal that both pungam oil and monocrotophos either individually or combinedly

interfered with the metabolic processes affecting the transformation of bioactives can be the mechanism of antagonism. Rao and Dhingra (2000) have reported that mixture of neem oil and cypermethrin or fenvalerate showed antagonistic impacts against *Spodoptera litura*

Table 1. The Probit analysis data of *Dysdercus cingulatus* adults and *Pericallia ricini* third stadium larvae treated with monocrotophos and pungam oil mixtures.

Pest(s)	Profit analysis data						
	LC ₃₀	LC ₅₀	LC ₉₀	Slope	Chi-square	df	Significance (p)
<i>D. cingulatus</i> male	6.565	24.464	54.710	-1.686	216.824	5	0.005
<i>D. cingulatus</i> female	5.399	15.506	29.980	4.553	15.255	5	0.0005
<i>P. ricini</i> larvae	17.509	28.752	43.182	-6.945	5.726	2	0.05

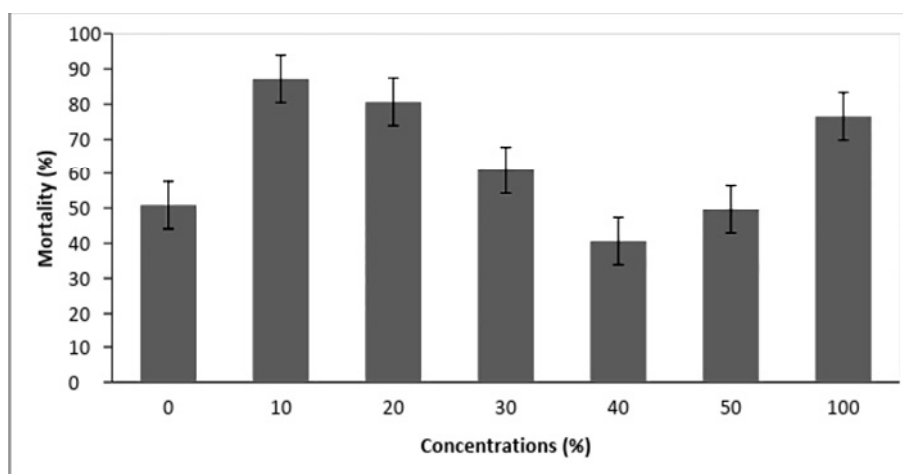


Figure 3. The mortality of *Pericallia ricini* third stadium larvae exposed at 96 h to the mixture of monocrotophos and pungam oil at 90 + 10 (10%), 80 + 20 (20%), 70 + 30 (30%), 60 + 40 (40%) and 50 + 50 (50%) proportions.

Table 2. Co-toxicity factor (CTF), Co toxicity coefficient (CTC) and Synergistic factor for *D. cingulatus* and third instar larvae of *P. ricini* treated with the mixture of monocrotophos and pungam oil at different ratios.

Pests	Co-toxicity factor (CTF)	Co-toxicity co-efficient (CTC)	Synergistic factor/ Antagonistic factor (SF/AF)
<i>D. cingulatus</i> male	-51.07 (AN)	0.824 (IA)	0.48 (AN)
<i>D. cingulatus</i> female	-68.98 (AN)	1.173 (IA)	0.31 (AN)
<i>P. ricini</i> larvae	-42.50 (AN)	2.839 (IA)	0.57 (AN)

AN=Antagonism; IA=Independent Action

as observed here. However, their coefficient analyses showed independent action need to have further research to confirm the findings.

CONCLUSIONS

We conclude that both compounds (oil pungam and monocrotophos) individually and in combination, led to the death in sucking insects (*D. cingulatus*) and also in defoliating (larvae, *P. ricini*), this was confirmed by co factors -toxicity and the co-toxicity coefficient. That means that action causes antagonism combined with pests, which is partly or totally opposed to the combination of the action of pests. The complete individual action on pests was confirmed by the co-toxicity coefficient. Furthermore, the content of monocrotophos can be reduced with the addition of essential oil. We can reduce the environmental impact through the use of biopesticides (oil pungam) combined with monocrotophos. However, the phytotoxicity must be studied before carrying out all tests under field conditions.

ACKNOWLEDGEMENTS

Sahayaraj gratefully thank the Department of Biotechnology, Govt. of India (Ref. No. BT/PR11535/AAQ/3/697/2014) for the financial assistance. We wish to thank the Management Peoples of St. Xavier's College, Palaymkottai for the laboratory faculties.

LITRATURE CITED

Abbott, WS. 1925. Methods for comparing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.

Abo-El Seoud, MA; Sarhan, MM; Omar, AE; Helal, MM. 2005. Biocides formulation of essential oils having antimicrobial activity. *Arch. Phytopathol. Plant Protection* 38(3):175-184.

Adiroubane, D; Raghuraman K. 2008. Plant products and microbial formulation in the management of brinjal shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* Guenee. *Journal Biopesticides* 1(2):124-129.

Anbu Radhika, S; Sahayaraj K. 2014. Synergistic effects of monocrotophos with botanical oils and commercial neem formulation on *Spodopteralitura*(Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal Biopesticides* 7(Suppl.):152-159.

WHO (World Health Organization). 2009. Health implications from monocrotophos use: a review of the evidence in India. Regional Office for South-East Asia. 60 p.

CIBRC (Central Insecticides Board and Registration Committee). 2018. Accessed 22 apr. 2018. Available http://www.cibrc.nic.in/list_pest_bann.htm.

Chockalingam, S; Mala, S; Nalinasundari, MS.1987. Antifeedent activity of neem oil extractive on the pest *Pericalliaricini* F. (Lepidoptera: Arctiidae). *Proceeding of Symposium on Alternatives to synthetic insecticides*, CRME, Madurai, 83-89 p.

Finney, DJ. 1971. *Probit Analysis*, 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge. 132 p.

Franzios, G; Mirotsoy, M; Hatziapostolou, E; Kral, J; Scouras, ZG; Mavragani-Tsipidou; P. 1997. Insecticidal and genotoxic activities of mint essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(7):2690-2694.

Khalequzzaman, M; Nahar, J. 2001. Toxicity of nine insecticides to adult *Tribolium castaneum* (Herbst). *OnLine Journal of Biological Sciences* 1(11):1043-1045.

Koppenhofer, AM; Fuzy, EM. 2003. Biological and chemical control of the Asiatic garden beetle *Maladeracastanea* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Economic Entomology* 96:1076-1082.

Kumar, M; Singh, R. 2002. Potential of *Pongamia glabra* Vent as an insecticide of plant origin. *Biological Agriculture and Horticulture* 20:29-50.

Kumar, SMB; Kalidhar; SB. 2003. A review of the chemistry and

biological activity of *Pongamiapinnata*. *Journal of Medicinal and Aromatic*

Plants 25:441-465.

- Kwon, DH; Clark, JM; Lee, SH. 2010. Extensive gene duplication of acetylcholinesterase associated with organophosphate resistance in the two-spotted spider mite. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 19:195-204.
- Mansour, SA; Bakr, RFA; Hamouda, LSA; Mohamed, RI. 2010. Toxic and synergistic properties of several botanical extracts against larval and adult stages of the mosquito, *Anopheles pharoensis*. *Biopesticide International* 6(2):129-145.
- Manzoor, U; Haseeb, M. 2015. Laboratory evaluation of different botanicals against the red cotton bug, *Dysdercus cingulatus* (Fabricius) and cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) in okra. *International Journal Of Research In Medical Sciences* 2(2):28- 32.
- Mariam, MA; Chandramohan, N. 2000. Evaluation of chemical insecticides and botanicals against various stages of spiralling whitefly, (*Aleurodicus dispersus* Russell) on mulberry. *The Madras Agriculture Journal* 87(7/9):379-381.
- Martín-López, B; Varela, I; Marnotes, S; Cabaleiro, C. 2006. Use of oils combined with low doses of insecticide for the control of *Myzus persicae* and PVY epidemics. *Pest Management Science* 62:372–378.
- Mathur, A; Singh, S; Singh, NP; Meena; M. 2012. Field evaluation of plant products and microbial formulations against brinjal shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* Guenee under semi-arid conditions of Rajasthan. *Journal Biopesticides* 5(1):71-74.
- Morales-Rodriguez, A; Peck, DC. 2009. Synergies between biological and neonicotinoid insecticides for the curative control of white grubs *Amphimallon majale* and *Popillia japonica*. *Biological Control* 51:169-180.
- Narasimhan, V; Rajappan, K; Ushamalini, C; Abdul Kareem, A. 1998. Efficacy of new EC formulations of neem oil and pungam oil for the management of sheath rot disease of rice. *Phytoparasitology* 26:301-306.
- NBAIR (National Bureau of Agricultural Insect Resources). 2018. Accessed 22 April 2018. Available <http://www.nbair.res.in/insectpests/Pericallia-ricini.php>.
- Packiam, SM; Ignacimuthu, S. 2012. Effect of PONNEEM# on *Spodoptera litura* (Fab.) and its compatibility with *Trichogramma chilonis* Ishii. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55(2):291-298.
- Packiam, SM; Baskar, K; Ignacimuthu, S. 2014. Feeding deterrent and growth inhibitory activities of PONNEEM, a newly developed phytopesticidal formulation against *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 4:S323-S328.
- Pandey, RS; Prasad, R; Srivastava, JP; Tiwari, R; Mathur, YK. 1980. Relative toxicity of insecticides to the larvae of *Percalliaricini* Fabr. *Indian Journal of Entomology* 42(2): 276-278.
- Rajappan, K; Malini, CU; Narasimhan, V; Kareem, AA. 1999. Effect of solvent-free EC formulations of neem and pungam oils on the survival of *Nephotettix virescens* and rice yellow dwarf transmission. *Annals of Plant protection Sciences* 7(2):220-222.
- Rajappan, K., C. Ushamalini, N. Subramanian, V. Narasimhan and A.A. Kareem 2001. Management of grain discoloration of rice with solvent-free EC formulations of neem and pungam oils. *Phytoparasitica* 29(2):171-174.
- Ramaraju, K. 2004. Evaluation of acaricides and TNAU neem oils against spider mite, *Tetranychusurticae* (Koch) on bhendi and brinjal. *The Madras Agriculture Journal* 91:425-429.
- Rao, GR; Dhingra, S. 1997. Synergistic activity of some vegetable oils in mixed formulations with cypermethrin against different instars of *Spodoptera litura* Fab. *Journal of the Entomological Research Society* 21:153-160.
- Rao, GR; Dhingra, S. 2000. Variations in the efficacy of mixed formulations comprising vegetable oils and synthetic

- pyrethroids against susceptible (Delhi) and resistant (Guntur) larval populations of *Spodopteralitura* (Fab.). *Journal of the Entomological Research Society* 24(2):115-120.
- Pavela, R; Herda, G.2007. Repellent effects of pongam oil on settlement and oviposition of the common greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on chrysanthemum. *Chinese Academic Sciences* 14:219-224.
- Srinivasa Rao, N; Rajendran, R; Raguraman, S. 2003. Laboratory assessment of the potentiation of neem extract with the extracts of sweet-flag and pungam on bhendi shoot and fruit borer, *Earias vitella* (Fab.). *Entomon*, 28:277-281.
- Srivastava, B; Sagar, A; Dubey, NK; Sharma, L. 2015. Essential oils for pest control in agroecology. In: *Sustainable Agriculture Reviews*, Springer International Publishing, 329-352 p.
- Sun, YP; Johnson,E. 1960. Analysis of joint action of insecticides against house flies. *Journal of Economic Entomology* 53(5):887-892.
- Thangam, TS; Kathiresan, K. 1990. Synergistic effects of insecticides with plant extracts on mosquito larvae. *Tropical Biomedicine* 7(2):135-137.
- Vastrad, AS; Lingappa, S; Basavanagoud, K. 2002. Vegetable oils as synergists of synthetic pyrethroids against diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Yponomeutidae: Lepidoptera). *Journal of the Entomological Research Society* 26:285-290.
- Vennila, S; Ramasundram, P; Sheo Raj; Kairon, MS. 2013. Cotton IPM and its current status Central Institute for Cotton Research Nagpur. *CICR Technical Bulletin* 8: 13 p.
- War, AR; Paulraj, MG; Ignacimuthu, S. 2011. Synergistic activity of endosulfan with neem oil formulation against tobacco caterpillar *Spodopteralitura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomology* 8(6):530-538.

Evaluación físico química y sensorial de tartaletas elaboradas con harinas de yuca y batata

Physico-chemical and sensorial evaluation of tartlets obtained from cassava and sweet potato flours

Nora S. Techeira De Soto*; Yasmin J. Román Montilla; Catherine A. Marín Urbina; Yusley K. IbarraVergara y José R. Yamarte Armas

Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Agronomía (FAGRO), Maracay, Venezuela. Correo electrónico: noratecheira@gmail.com

RESUMEN

Las raíces y tubérculos son alimentos básicos en la dieta de los pobladores de América Latina, África y Asia, por sus aportes nutricionales, beneficios a la salud y propiedades funcionales. En Venezuela se están reorientando estrategias en la diversificación de alimentos aptos para celíacos, mediante el desarrollo de nuevos productos o el mejoramiento de los ya existentes. Para incrementar el consumo de raíces y tubérculos tropicales, y lograr la sustitución total de la harina de trigo en productos que no pueden ser consumidos por pacientes celíacos, se estudió el efecto de la harina de yuca y batata en las propiedades físico-químicas y sensoriales de galletas tipo tartaleta. Se plantearon tres formulaciones, 100% yuca, 100% batata y 70% yuca + 30% batata (mixta), a las que se determinó pH, acidez titulable, humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda y carbohidratos totales. Se realizó la evaluación sensorial, con el fin de evaluar el grado de preferencia haciendo uso de un panel semi-entrenado. Los resultados señalan que las "tartaletas" de yuca y mixta presentan un mayor contenido de carbohidratos, fibra dietética y proteína cruda; y fueron preferidas por su agradable olor, sabor y textura, incluso sobre las tradicionales obtenidas con 100% harina de trigo. Elaborar este tipo de alimentos demuestra la posibilidad de uso de fuentes alternativas al trigo, para satisfacer la creciente demanda nutricional por parte del público consumidor de condición celíaca, en un país con baja oferta de alimentos para regímenes especiales.

Palabras claves: enfermedad celíaca, harinas raíces tuberosas, *Ipomoea batatas* Lam, *Manihot esculenta* Crantz

ABSTRACT

The roots and tubers are considered basic aliments in the diet of Latin America, Africa and Asia residents, due to its nutritional, health benefits and functional properties. In Venezuela, the strategies are being refocused to diversify food production for celiacs, developing new products or improving existing ones. Therefore, in search of increase the consumption of tropical roots and tubers, and completely replace wheat flour in products that cannot be consumed by celiac patients, the effect of the incorporation of cassava and sweet potatoes flours on the physicochemical and sensory properties of tartlets was studied. Three formulations were made, a 100% cassava, a 100% sweet potato and another with 70% cassava and 30% sweet potato; to which its pH, titratable acidity, humidity, ash, crude protein, crude fat and total carbohydrates were measured. A sensory evaluation was performed in order to assess the degree of preference using a semi-trained panel. The results indicate that 100% cassava flour and mixed (30% sweet potato and 70% cassava flours) tartlets have the highest content of carbohydrates, dietary fiber and crude protein; being the most preferred for its pleasant odor, flavor and texture, even more so than traditional obtained with 100% wheat flour. Elaborate this type of food demonstrates the possibility of using alternative sources to wheat, to meet the growing nutritional demand by the consuming public of celiac condition, in a country with low supply of food for special diets.

Key words: celiac disease, root and tuber flours, *Ipomoea batatas* Lam, *Manihot esculenta* Crantz

Recibido: 10/02/16 Aprobado: 22/12/16

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los consumidores procuran reducir la ingesta de alimentos perjudiciales para la salud y tienen preferencia por aquellos que favorecen su nutrición y hacen posible la prevención de enfermedades crónicas, tales como diabetes, hipertensión arterial, obesidad y cáncer. (Aranceta y Serra, 2003; Guesry, 2005; Santillán *et al.* 2014).

Los alimentos funcionales poseen alto valor nutricional, a la vez que producen efectos beneficiosos sobre una o varias funciones específicas en el organismo, (Bermúdez, 2001). Según Ashwell (2004) un alimento funcional es aquel que contiene un componente, nutriente o no nutriente, con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, con un efecto añadido por encima de su valor nutricional y cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional o incluso saludable. Su consumo queda comprendido dentro de una pauta normal de alimentación, en una dieta convencional y en la cantidad en que habitualmente es ingerido (González *et al.* 2015).

Calvo y Gómez (2011), indican que los alimentos funcionales pueden ser naturales, desarrollados con la adición o eliminación de un componente o ingrediente, haciendo uso de la tecnología alimentaria, obtenidos modificando la naturaleza o biodisponibilidad de uno o más de sus componentes, incluso combinando cualquiera de las posibilidades anteriormente mencionadas.

Los alimentos funcionales pueden formar parte de la dieta de cualquier individuo; pero están especialmente indicados en aquellos grupos de población con necesidades nutricionales especiales (embarazadas y niños), estados carenciales, colectivos con riesgos de determinadas enfermedades (cardiovasculares, gastrointestinales, osteoporosis, diabetes, etc.), adultos mayores y personas con alguna intolerancia alimentarias, tales como alérgicos, intolerantes a la lactosa o al gluten (Olagnero *et al.* 2007; Bittar, 2010; Fuentes *et al.* 2015).

Las personas con condición celíaca no pueden consumir alimentos obtenidos a partir de trigo, cebada, centeno y avena, debido a que son intolerantes a las prolaminas del gluten (gliadinas, secalinas, hordeínas y aveninas), y su ingesta se asocia con atrofia severa de la

mucosa del intestino delgado. Esto genera un defecto en la utilización de nutrientes (principios inmediatos, sales y vitaminas) a nivel del tracto digestivo, cuya repercusión clínica y funcional depende de la edad y la situación fisiopatológica del paciente (Castillo *et al.* 2009; Araya y Parada, 2011; Rodrigo y Peña, 2013; Moscoso y Quera, 2016).

La intolerancia al gluten es de carácter permanente, se mantiene a lo largo de toda la vida y se presenta en sujetos genéticamente predispuestos a padecerla. La ausencia de lactancia materna, la ingestión de dosis elevadas del mencionado compuesto, y la introducción temprana de trigo, cebada, centeno y avena en la dieta de personas susceptibles, son factores de riesgo para su desarrollo. (Ausina *et al.*, 1994).

El desarrollo de productos para pacientes celíacos y demás personas con regímenes especiales de alimentación, se encuentra en continuo crecimiento. El uso de harinas y almidones provenientes de raíces y tubérculos tropicales, se presenta como alternativa para la elaboración de diversos alimentos, debido a sus aportes nutricionales; alto contenido de fibra dietética, almidón resistente, compuestos antioxidantes, alto contenido de energía y propiedades funcionales (Bou *et al.* 2006; Benítez *et al.* 2008 y Techeira *et al.* 2014).

En Venezuela es pertinente evaluar el uso de recursos locales en la elaboración de alimentos aptos para celíacos, hacia el desarrollo de nuevos productos o el mejoramiento de los existentes.

En busca de incrementar el consumo de raíces y tubérculos tropicales, lograr la sustitución total de la harina de trigo en productos que tradicionalmente no pueden ser consumidos por pacientes celíacos, y desarrollar un alimento para regímenes especiales que además se comporte como alimento funcional, se planteó como objetivo de la presente investigación, estudiar el efecto de la incorporación de las harinas de yuca y batata en las propiedades físico-químicas y sensoriales de un alimento tipo tarta, producto ampliamente consumido por la población venezolana, bajo la forma de pasapalos dulces o salados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Las raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad blanca, y de batata (*Ipomoea batatas* Lam) variedad anaranjada, fueron cosechadas en las estaciones experimentales de San Nicolás y Samán Mocho de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, a los 12 y 4 meses de su siembra, respectivamente.

Elaboración de harinas crudas de yuca y batata

Las harinas crudas se obtuvieron a partir de las raíces de yuca y batata, que fueron suministradas en dos lotes por rubro, de 60 Kg cada uno; alcanzándose un rendimiento en

harina equivalente a 10,5% para yuca y 15,8% para batata.

Procedimiento para la elaboración de las harinas:

Las harinas se elaboraron de acuerdo a la metodología de Pérez y Pacheco (2005), tal como se describe en la Figura 1. Se llevó a cabo la limpieza de las raíces con el fin de eliminar impurezas superficiales, y luego éstas fueron peladas manualmente. Se lavó la parte comestible y se rebanó en hojuelas que fueron inmersas en una solución de ácido cítrico al 0,1%, durante 10 minutos. Las hojuelas fueron secadas en un deshidratador de bandejas con circulación de aire forzado (Proctor and Schwartz SCM Corporation Philadelphia PA, USA), a una temperatura de 45 °C durante 6 horas. Las

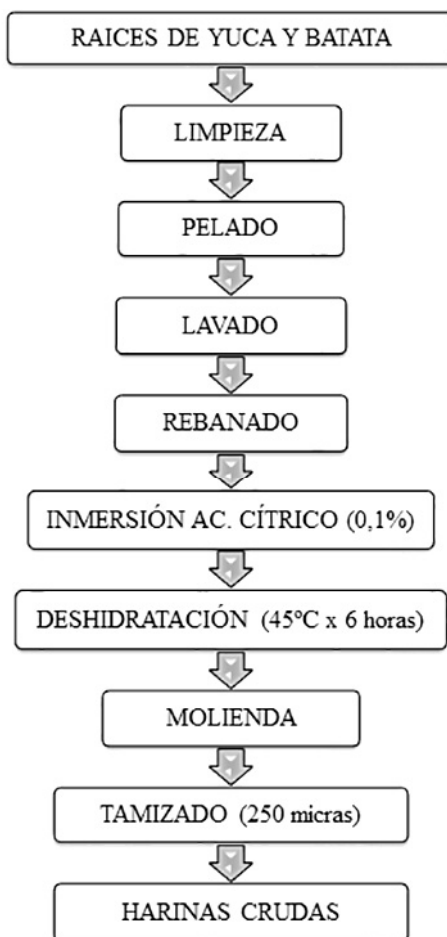


Figura 1. Procedimiento para la obtención de harinas crudas de yuca y batata (Pérez y Pacheco, 2005).

hojuelas deshidratadas fueron molidas haciendo uso de un molino de cuchillas (Thomas-Wiley laboratory Mill, Arthur H. Thomas Corporation Philadelphia U.S.A, modelo N° 3), para ser tamizadas bajo la forma de harinas, hasta alcanzar un tamaño de partícula de 250 micras.

Conservación de las harinas de yuca y batata

Las harinas tamizadas se envasaron en recipientes de vidrio de 2 Kg cada uno y se almacenaron a temperatura ambiente, hasta su posterior análisis y uso.

Formulación y elaboración de las tartaletas aptas para celíacos

Se desarrollaron tres fórmulas de tartaletas aptas para celíacos, considerando como fórmula patrón, tartaletas elaboradas a partir de harina de trigo, siguiendo una receta tradicional (P: 100% trigo). La primera fórmula en estudio se elaboró sustituyendo completamente la harina de trigo por harina de yuca (F1: 100% yuca); la segunda se obtuvo a partir de la sustitución total por harina de batata (F2: 100% batata); y la tercera consistió en la sustitución de la totalidad de la harina de trigo por una mezcla de 30% harina de batata y 70% de harina de yuca (F3), que de acuerdo a formulaciones mixtas preliminares fue la que presentó las mejores características sensoriales.

Establecida la proporción adecuada de ingredientes (Cuadro 1), se procedió a elaborar las tartaletas. Para ello se realizó la mezcla de los componentes secos (harina, azúcar y sal), luego se incorporaron los ingredientes húmedos (mantequilla y huevo) y se homogenizó la mezcla hasta formar una masa elástica y suave, que fue colocada en los moldes apropiados para tal fin. El producto así obtenido fue horneado a 180 °C durante 30 min., se desmoldó, dejó enfriar y almacenó en bolsas plásticas a temperatura ambiente, hasta su posterior análisis y evaluación sensorial.

Caracterización fisicoquímica y composición química

Las tartaletas patrón (P) y aquellas desarrolladas especialmente para pacientes celíacos (F1, F2 y F3), fueron evaluadas por triplicado en cuanto a:

1.- pH y acidez titulable: según métodos N° 02-31 y 02-52 recomendados por la American association of cereal chemist (AACC, 2000).

2.- Humedad (método 925.10), cenizas (método 923.03), proteína cruda (método 960.52), grasa cruda (método 963.15), y carbohidratos totales por diferencia, de acuerdo a la metodología establecida por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000).

3.- Almidón total: según el método enzimático de Goñi *et al.* 1997.

Cuadro 1. Proporciones de ingredientes establecidas para las tartaletas patrón (100% trigo) y aptas para celíacos.

Ingredientes (%)	Patrón (P)	Tartaletas aptas para celíacos		
		F1	F2	F3
Harina de trigo	51,54	–	–	–
Harina de yuca	–	51,54	–	36,08
Harina de batata	–	–	51,54	15,46
Huevo	22,68	22,68	22,68	22,68
Mantequilla	25,78	25,78	25,78	25,78

P: 100% harina de trigo; F1: 100% harina de yuca; F2: 100% harina de batata; F3: 70% harina de yuca + 30% harina de batata.

Evaluación sensorial

Se realizó una prueba de preferencia, con el fin de conocer el grado de aceptación de cada tipo de galleta en cuanto a los atributos color, sabor, aroma y textura. Para dicha evaluación se dispuso de un panel semi entrenado de 30 personas, utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 representaba “me disgusta extremadamente” y 9 significaba “me gusta extremadamente”. La evaluación sensorial de las tartaletas se realizó 24 horas después de ser horneadas, cada muestra fue codificada con tres dígitos aleatorios y los panelistas se ubicaron en cubículos individuales.

Análisis estadístico

Los resultados de la caracterización fisicoquímica y de la composición química fueron evaluados haciendo uso de un análisis de varianza de una sola vía, mediante un diseño completamente aleatorizado, a un 95% de confianza. Los resultados que mostraron diferencias estadísticamente significativas fueron sometidos a una prueba de diferencia de medias o comparaciones múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), con el fin de detectar cuáles valores promedio eran diferentes.

Los resultados de la evaluación sensorial también fueron evaluados mediante un análisis de varianza, a un 95% de confianza. Cuando se observó diferencia de preferencia en alguna de las muestras evaluadas, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$). Todos Los datos fueron calculados empleando el programa “Minitab 17” para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización físico-química y composición química

En lo que respecta a la caracterización fisicoquímica (Cuadro 2), se puede apreciar que para el pH no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($P \leq 0,05$), reportándose valores promedio entre 5,50 y 5,90. Para la acidez titulable, se observaron diferencias significativas, ya que las tartaletas aptas para celíacos (F1, F2 y F3), fueron las que reportaron los valores más altos de acidez (de 0,13 a 0,19% de ácido cítrico), lo cual pudiera atribuirse al hecho de que las harinas de yuca y batata posiblemente aportan una mayor cantidad de ácidos orgánicos.

Cuadro 2. Caracterización físico-química y composición química en base seca (%) de las tartaletas de trigo, yuca, batata y mixta.

Parámetros	P	F1	F2	F3
pH	5,70±0,00a	5,80±0,00a	5,50±0,00a	5,90±0,00a
Acidez titulable (%)	0,06±0,00a	0,19±0,00b	0,16±0,00b	0,13±0,00b
Humedad (%)	7,85±0,19a	12,47±2,04b	18,43±3,00c	11,46±0,10b
Cenizas (%)	1,37±0,14a	2,98±0,20b	3,50±0,60b	3,12±0,15b
Proteína cruda (%)	7,86±0,00b	5,24±0,00a	6,56±0,00a	6,17±0,00a
Grasa cruda (%)	51,09±2,10b	42,00±2,00a	38,17±3,08a	40,23±1,76a
CHO* totales. (%)	39,68±2,20a	49,78±2,20b	51,77±3,68b	50,48±1,91b
Almidón total (%)	37,14±1,16a	34,91±0,22a	36,92±2,40a	35,92±2,40a

*CHO: carbohidratos.

P: 100% harina de trigo; F1: 100% harina de yuca; F2: 100% harina de batata; F3: 70% harina de yuca + 30% harina de batata.

Letras iguales en una misma fila indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

Los valores de pH obtenidos se encuentran dentro de lo establecido por la norma COVENIN (2001) para galletas, la cual señala que el pH mínimo debe ser de 5,50; es decir, que aparentemente en ninguna de las tartaletas en estudio ocurrieron procesos deteriorativos, principalmente de carácter fermentativo.

Cabe destacar, que estos valores de pH fueron similares a los reportados por Díaz *et al.* 2013 en galletas de trigo, sustituidas hasta en un 20% por harina de amaranto (*Amaranthus dubius* Mart); pero superiores a los presentados por García y Pacheco, (2007) en galletas dulces (valor promedio de 4,96) con un 12% de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B).

Para las tartaletas evaluadas, el contenido de humedad reportó diferencias estadísticamente significativas entre muestras (Cuadro 2), ya que, el valor promedio más alto se determinó en aquella obtenida a partir de 100% harina de batata (F2:18,43%), mientras que el más bajo se reportó para la muestra patrón (P), elaborada a partir de harina de trigo (7,85%). Todo parece indicar que las diferencias obtenidas están asociadas al hecho de que la harina de batata presenta una mayor capacidad de retención de agua, tal como fue establecido por Techeira *et al.* 2014, lo que se traduce en un mayor contenido de humedad en el producto final.

Estos resultados fueron superiores al valor máximo permitido por la Norma COVENIN (2001) para galletas sin relleno (5,00%), y a los reportados por García y Pacheco (2007) en galletas dulces de arracacha y trigo (3,10%); Hernández *et al.* (2014), en galletas de trigo enriquecidas con ajonjolí (*Sesamum indicum*) 4,50%; y Romero *et al.* (2004), en galletas de trigo con un 10% de cascarilla de orujo de uva (*Vitis vinifera*) 5,59%. Esto sugiere la necesidad de buscar disminuir el contenido de humedad en las tartaletas elaboradas para evitar su deterioro y cambios a nivel textural.

El contenido de humedad influye en reacciones químicas y enzimáticas de deterioro, en la velocidad de multiplicación de los microorganismos que pueden provocar descomposición y en la pérdida de la calidad

nutricional de los productos alimenticios, además que repercute sobre sus propiedades texturales y características organolépticas (Greenfield y Southgate, 2006; Ruíz y Urbáez, 2010).

Se encontraron diferencias significativas en la fracción de cenizas (Cuadro 2); la tartaleta patrón (P) mostró el valor promedio más bajo (1,37%), debido probablemente a que las tartaletas obtenidas a partir de las harinas de yuca y batata cuentan con una mayor proporción de minerales y sales inorgánicas, lo cual representa un mayor valor nutricional en los productos provenientes de tuberosas (Fennema, 2000).

Los valores obtenidos fueron comparables a los presentados por Díaz *et al.* (2013), en galletas de trigo sustituidas con 8 a 16% de harina de amaranto, pero superiores a los descritos por Román y Valencia (2006), en galletas enriquecidas con fibra de cereales (1,56%) y Macías *et al.* 2013, en galletas obtenidas a partir de mezclas de harina de trigo, avena (*Avena sativa*) y algarrobo (*Prosopis alba*) de 0,60 a 0,98%).

Al analizar el contenido de proteína y grasa cruda (Cuadro 2), se determinó que las tartaletas obtenidas a partir de harinas de yuca y batata (F1 a F3), reportaron valores entre 5,56 y 6,24% de proteína y desde 38,17 hasta 42,00% de grasa, significativamente inferiores a la muestra patrón (P).

Benítez *et al.* (2008), asegura que algunas raíces y tubérculos tienen un bajo contenido de proteínas, por lo que las harinas y subproductos obtenidos de estos rubros presentarían deficiencias, que podrían ser mejoradas con la incorporación de fuentes proteicas alternativas como el suero de leche.

Resultados similares fueron señalados por Techeira *et al.* 2014, quienes al evaluar harinas de yuca y batata determinaron la proporción de proteínas en 1,86 y 9,43%, y de grasa en 0,34 y 0,56%, respectivamente; valores que resultan bajos al compararlos con el contenido de proteína y grasa cruda de la harina de trigo, en 12 y 1,38%, respectivamente (Benítez *et al.* 2008).

Otras fuentes evaluadas para la sustitución del trigo, han resultado con bajo contenido de proteína en el producto final. Villarroel *et al.* (2009),

determinaron contenidos de proteína entre 8,89 y 6,21% en galletas para celíacos elaboradas a partir de harina desgrasada de avellana (*Gevuina avellana* Mol) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), respectivamente, y Aparicio et al. (2007), determinaron un valor de proteínas de 5,10% en galletas preparadas con almidón resistente de plátano.

En lo que respecta a los carbohidratos totales (Cuadro 2), se puede apreciar que éste, conjuntamente con la fracción de grasa, es el componente que se encuentra en mayor cantidad, con valores que van desde 39,68 hasta 51,77%; siendo superior en las tartaletas aptas para celíacos (F1, F2 y F3). Este comportamiento también fue observado por Rodríguez y Nader (2014), quienes al elaborar tartaletas a base de harina de semillas de fenogreco (*Trigonella foenum-graecum* L.), encontraron que su contenido en carbohidratos (79%), era superior a su análogo obtenido a partir de harina de trigo (58%); mientras que Benítez et al. (2008) al desarrollar galletas con harina de yuca y plasma de bovino encontraron que su valor en carbohidratos (78,98%), era más alto que la correspondiente galleta elaborada a partir de trigo (69,86%). El mayor contenido

en carbohidratos de las tartaletas obtenidas a partir de harinas sucedáneas puede atribuirse posiblemente al hecho de que estas harinas contienen una mayor proporción de fibra dietética y azúcares totales.

El contenido de almidón total y el de los azúcares, representa la principal fuente de glucosa que se libera durante la digestión de los alimentos amiláceos, de allí la importancia de su determinación como una de las fracciones de carbohidratos totales. De acuerdo a los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre muestras (Cuadro 2).

Los valores de almidón obtenidos para las galletas en estudio resultaron inferiores a los determinados por García y Pacheco (2007) en galletas de harina de arracacha y trigo (64,28%); por Islas et al. (2010) en galletas de harina de trigo sustituidas en diferentes proporciones con harina de plátano verde (desde 52,3 hasta 66,5%). Montenegro (2011), en panes de queso para celíacos elaborados a partir de harinas de yuca y ñame, reportó valores similares a los observados en la presente investigación (desde 31,02 hasta 47,63%).

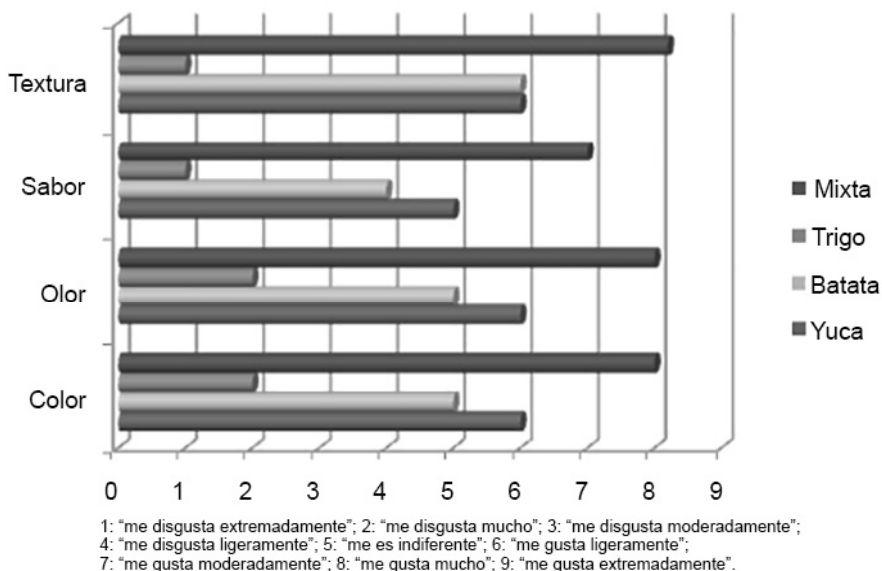


Figura 2. Resultados obtenidos en la prueba de evaluación sensorial para los atributos color, olor, sabor y textura de cada una de las tartaletas en estudio (P: trigo; F1: yuca; F2: batata; F3: mixta).

Evaluación sensorial

En la Figura 2, se aprecia el resultado de aplicar la prueba de rangos múltiples de Duncan a la evaluación sensorial de la tartaleta patrón (P) y de las tres formulaciones aptas para celíacos, en cada uno de los atributos sensoriales evaluados, haciendo uso del estadístico de Friedman, con un nivel de confianza del 95%.

Los resultados indican que para los atributos estudiados color, olor, sabor y textura, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre muestras. Los panelistas reportaron a la fórmula F3 o mixta como la más preferida; mientras que la tartaleta patrón (P), elaborada a partir de harina de trigo, fue la menos preferida para cada una de las características sensoriales evaluadas. Aparentemente, la incorporación de mezclas de harina de yuca y batata en la elaboración de este tipo de productos, no modifica en forma negativa las características sensoriales, y por el contrario parece favorecerlas.

Resultados similares fueron obtenidos por Colina *et al.* (2016), quienes al evaluar sensorialmente galletas dulces de harina de yuca observaron que eran calificadas como "Buenas" para color, olor, sabor, consistencia y apariencia, y como "Muy buenas" para textura; mientras que Montenegro (2011), al evaluar cinco formulaciones de panes de queso para celíacos, reportó que la muestra más preferida había sido elaborada sustituyendo totalmente la harina de trigo por harina de yuca y ñame.

Por su parte, García y Pacheco (2007), al formular galletas de harina de arracacha y trigo y evaluar sensorialmente sus productos, determinaron que las galletas elaboradas con la combinación de harinas (12% harina de arracacha + 88% harina de trigo), eran de mayor preferencia que aquellas que contenían una menor proporción de harina de arracacha.

CONCLUSIONES

Las tartaletas elaboradas con harina de yuca, batata y la combinación de yuca y batata (mixta), cuentan con un mayor contenido de carbohidratos, pero con la más baja proporción de grasa y almidón; lo cual posiblemente, se traduce en una mayor cantidad de azúcares

y fibra dietética. Las mixtas fueron las más preferidas en cuanto a olor, sabor, color y textura, incluso aún más que las tartaletas tradicionales obtenidas con 100% harina de trigo.

LITERATURA CITADA

- AACC (American association of cereal chemist, Estados Unidos de America). 2000. Appoved methods of the AACC. AACC. St Paulo, EE.UU.
- Aparicio, AS; Sáyago, A; Vargas, J; Tovar, T; Ascencio, Y; Bello, L. 2007. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. *JournalFood Company Analytical*, 20: 175-181.
- Aranceta, J; Serra, L. 2003. Guía de alimentos funcionales. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). Madrid, España. 14 p.
- Araya, M; Parada, A. 2011. Poniendo al día la enfermedad celíaca. *Revista de Medicina Clínica Condes* 22(2): 204-210.
- Ashwell, M. 2004. Conceptos sobre los alimentos funcionales. International Life Science Institute (ILSI). ILSI Press. Washington DC, Estados Unidos de América.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, Estados Unidos de America). 2000. Official methods of analysis of the Association of AOAC International. AOAC. 17 ed. Gaithersburg MA, USA.
- Ausina, A; Ribes-Koninckx, C; Hernández, M.; Rivas, J; Ferrer, J. 1994. Enfermedad celiaca latente: una realidad clínica. *AnEspPediatr* 40 (6):449-52.
- Benítez, B; Archile, A; Rangel, L; Ferrer, K; Barboza, Y; Márquez, E. 2008. Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Interciencia* 33(1):61-65.
- Bermúdez, A. 2001. Importancia de los alimentos funcionales. Seminario de Alimentos Funcionales, ILSI Nor-Andino, Caracas, República Bolivariana de Venezuela.

- Bittar, C. 2010. Alimentos funcionales. Actualización en nutrición 11(2): 95-111.
- Bou, L; Vizcarrondo, C; Rincón, A; Padilla, F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 56 (1): 375-383.
- Calvo, S; Gómez, C. 2011. Nutrición, salud y alimentos funcionales. Editorial Aranzadi. Madrid, España.
- Castillo, V; Lescano, G; Armada, M. 2009. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezcla de harinas de quínoa, cereales y almidones. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 59(1):332-336.
- Colina, R; Laguado, N; Faneite, A. 2016. Evaluación de galletas dulces preparadas con harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) deshidratada al sol como sustituto del trigo. Revista Facultad de Agronomía LUZ, 33:358-374.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales, República Bolivariana de Venezuela). 2001. Galletas. Caracas, República Bolivariana de Venezuela. 1483:2001.
- Díaz, L, Acevedo, I; García, O. 2013. Evaluación físico-química de galletas con inclusión de harina de bleo (*Amaranthus dubius* Mart). Revista ASA. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. República Bolivariana de Venezuela.
- Fennema, O. 2000. Química de alimentos. 2 ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Fuentes, L; Acevedo, D; Gelvez, V. 2015. Alimentos funcionales: Impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. Biotecnología en el Sector Agropecuario e Agroindustrial 13(2):140-149.
- García, A; Pacheco, E. 2007. Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.) Revista Facultad de Agronomía de Medellín. Colombia. 60(2):4195-4212.
- González, L; Perea, J; Ortega, R. 2015. Los alimentos funcionales en el contexto de la dieta mediterránea. Mediterráneo Económico 27:139-160.
- Goñi, I; García-Alonso, A; Saura-Calixto, F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. Nutrition Research 17(1):427-437.
- Greenfield, H; Southgate, D. 2006. Datos de composición de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Italia. 305 p.
- Guesry, P. 2005. Impact of functional food. Forum Nutr. 57:73-83.
- Hernández, A; García, D; Calle, G; Duarte, C. 2014. Desarrollo de una galleta dulce con ajonjolí tostado y molido. Tecnología Química 34(3):240-250.
- Islas, J; Agama, E; Osorio, P; Pacheco, G. 2010. Digestibilidad del almidón en galletas elaboradas con una formulación simple y adicionada con harina de plátano verde. División de ciencias de la vida, Universidad de Guanajuato. México DF., México. 1-10.
- Macías, S; Binaghi, M; Zuleta, A; Ronayne, P; Costa, K; Generoso, S. 2013. Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarrobo (*Prosopis alba*) y avena para planes sociales. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. República Bolivariana de Venezuela. 4(2):170-188.
- Montenegro, M. 2011. Elaboración y caracterización de panes de queso para celíacos, utilizando harinas compuestas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y ñame (*Dioscorea alata*). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, República Bolivariana de Venezuela. 55 p.
- Moscoso, F; Quera, R 2016. Enfermedad celíaca. Revisión. Revista Médica de Chile. 144(1): 211-221.
- Olagnero, G; Genevois, C. Irei, V; Marcenado, J; Bendersky, S. 2007. Alimentos funcionales:

- conceptos, definiciones y marco legal global. *Diaeta*. 25(119):31-39.
- Pérez, E; Pacheco, E. 2005. Características químicas, físicas y reológicas de la harina y el almidón nativo aislado de *Ipomoea batatas*. *Acta Científica Venezolana*. República Bolivariana de Venezuela. 56 (1), 12-20.
- Rodrigo, L; Peña, A. 2013. Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca. Ediciones Omnia Science. Barcelona, España. 506 p.
- Rodríguez, N; Nader, M. 2014. Diseño de alimentos novedosos a base de fenogreco: valoración nutricional, características organolépticas, aceptabilidad y satisfacción. *Actualización en Nutrición*. 15(2):40-50.
- Román, M; Valencia, F. 2006. Evaluación de galletas con fibra de cereales como alimento funcional. *Vitae*, 13(2):36-43.
- Romero, R; Ledesma, A; Robles, R; Morales, S; León, L; León, R. 2004. Caracterización de galletas elaboradas con cascarilla de orujo de uva. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54(1).
- Ruíz, S; Urbáez, Z 2010. Elaboración de panes con harinas compuestas de catebia de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y trigo. Tesis de Pregrado. Universidad de Oriente. Anzoátegui, República Bolivariana de Venezuela.
- Santillán, E; Méndez, M; Vélez, J. 2014. Productos lácteos funcionales, fortificados y sus beneficios en la salud humana. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 8(1):5-14.
- Techeira, N; Sivoli, L; Perdomo, B; Ramírez, A; Sosa, F. 2014. Caracterización fisicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*. República Bolivariana de Venezuela. 39(3):1-8.
- Villarroel, M; Huiriqueo, C; Hazbun, J; Carrillo, D. 2009. Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana* Mol) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59(2):184-190.

Evaluación de líneas avanzadas de caraota al déficit hídrico durante la fase de plántula

Evaluation of common bean advanced lines to the water deficit during seedling stage

Amalia Domínguez¹, Yunel Pérez¹, Maryla Sosa¹, Silvia Alemán¹, Leticia Fuentes¹, Rodolfo Darías¹, Ramón Rea^{2*}, Daynet Sosa³

¹Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Matanzas, Cuba. ²Instituto de Estudios de Avanzados (IDEA), Miranda, Venezuela. ³Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: ramonrea@hotmail.com

RESUMEN

La caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa alimenticia más importante en América Latina y cultivada a menudo en condiciones ambientales no favorables. El objetivo de esta investigación fue evaluar líneas avanzadas de caraota al déficit hídrico en la fase de plántulas. Las semillas de 19 líneas se colocaron a germinar en papel de filtro humedecido, sometidas a estrés hídrico con diferentes concentraciones de Polietilenglicol (PEG) y ubicadas en cámara oscura, a 25 °C, en condiciones de laboratorio. Se utilizaron cuatro proporciones de 0 (control); 10; 15 y 20% de PEG 8000 diluido en una solución de Hoagland. Se evaluó la germinación, la presencia del hipocótilo, epicótilo, hojas verdaderas, la longitud de la raíz, del tallo, la cantidad de raíces laterales a los 15 días. Las líneas de caraota mostraron una respuesta diferencial a las concentraciones de PEG 8000 en la etapa de desarrollo de las plántulas. Con el incremento de las concentraciones de PEG 8000 se produjo un aumento en el porcentaje de inhibición de la germinación y una disminución en la longitud, peso fresco del tallo y raíz. El porcentaje de inhibición de la germinación de las líneas 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10 y 15 fue menos afectado a la mayor concentración de PEG 8000. El porcentaje de inhibición de las líneas 8, 12, 13 no fue afectada al 10 y 15% de PEG 8000, considerándose estas últimas como moderadamente tolerantes y las primeras como tolerantes al déficit hídrico.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, germinación, sequía, tolerancia.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most important food legume in Latin America but it is often sowed to unfavorable conditions. The objective of this research was to evaluate advanced lines of common bean to drought stress during the seedling phase. The seeds of nineteen common bean lines were placed to germinate on filter paper moistened, subjected to water stress with different concentrations of polyethylene glycol (PEG) and located in a dark chamber at 25°C, under laboratory conditions. Four proportions of 0 (control) were used; 10; 15 and 20% of PEG 8000 diluted in a Hoagland solution. Fifteen days after sowing were evaluated the germination, the presence of hypocotyls, epicotyls, true leaves, and length of root, stem, and number of lateral roots. Common bean advanced lines showed a differential response to PEG 8000 concentrations in the seedling stage. With the increase of the concentrations of PEG 8000 there was an increase in the percentage of inhibition of the germination and a decrease in the length, fresh weight of the stem and root. The % inhibition of the germination of lines 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10 and 15 was less affected by the higher concentration of PEG 8000. The % inhibition of lines 8, 12, 13 was not affected to 10 and 15% of PEG 8000, the latter being considered as moderately tolerant and the former as tolerant to water deficit.

Key words: germination, *Phaseolus vulgaris*, drought, tolerance.

INTRODUCCIÓN

La caraota, *Phaseolus vulgaris* L., es la leguminosa más importante en el trópico de América Latina, África oriental y meridional; cultivándose en Latinoamérica casi la mitad de la producción mundial con 8 millones de hectárea (Rosales *et al.* 2012; Beebe *et al.* 2013). Según la FAO (2015), la superficie sembrada de caraota para el año 2014 fue de 28 millones de hectáreas con una producción mundial de 22.942.000 t y un rendimiento promedio de 0,812 t.ha⁻¹. La producción de este rubro se ha visto ampliamente afectada por siembras en condiciones ambientales marginales, baja fertilidad de suelos, suelos afectados por sales, alto riesgo de sequía intermitente o terminal y otros factores bióticos (Klaedtke *et al.* 2012; Campos *et al.* 2011).

El déficit hídrico afecta el crecimiento y desarrollo de la caraota debido a que interviene negativamente en los procesos morfo-fisiológicos y bioquímicos como la fotosíntesis, la respiración, el metabolismo de los carbohidratos y de los nutrientes, la entrada de iones y la síntesis de promotores del crecimiento (Darkwa *et al.* 2016; Cortés *et al.* 2013; Abdellatif *et al.* 2012). Se ha estimado que el déficit de agua reduce en 60% la producción mundial de granos de caraota (Porch *et al.* 2009).

Las características que contribuyen a la adaptación de especies vegetales, en regiones con deficiencia de humedad, deben estudiarse en tres etapas del desarrollo de la planta: semilla, plántula y planta adulta; cada etapa se considera como un rasgo independiente y requiere procedimientos de detección de tolerancia diferentes (Dominguez *et al.* 2014).

Una prueba para identificar variedades tolerantes a sequía es determinar el porcentaje de germinación a diferentes potenciales osmóticos usando manitol, sacarosa o polietilenglicol, mostrando simulaciones al efecto de sequía durante la germinación y emergencia de la semilla (Madueño *et al.* 2006; Penichet *et al.* 2005). También se ha demostrado que existe una correlación alta y positiva entre la tasa de germinación en soluciones osmóticas y la tasa de emergencia en el campo, indicando que estas pruebas tienen valor predictivo (Espinoza y Kuruvadi, 1985).

En Venezuela usualmente se siembra caraota durante los meses octubre-noviembre como alternativa para disminuir el estrés térmico (Warnock de Parra *et al.* 2007); sin embargo, para ese periodo se presentan problemas de déficit de agua debido a que es el periodo de salida de lluvias en la región. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de líneas avanzadas de caraota al déficit hídrico durante la fase de plántula usando PEG 8000 como agente estresante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en condiciones de laboratorio en el Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), Venezuela. Se utilizaron semillas de 19 líneas avanzadas de caraota (*P. vulgaris* L.) provenientes del programa de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela. Las semillas de cada línea se lavaron y desinfectaron con oxiclورو de cobre (0,5%) durante 10 minutos. Posteriormente, se enjuagaron con agua estéril.

Las desinfectadas se colocaron en frascos ubicados en una cámara oscura de crecimiento, a una temperatura de 25 °C y humedad de 90% por 15 días, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (19 líneas x 4 proporciones de PEG 8000) y 5 repeticiones de 50 semillas por tratamiento.

El Polietilenglicol 8000 (PEG 8000) se utilizó como agente estresante para simular condiciones de sequía. Para ello se prepararon soluciones de Hoagland al 100% con proporciones de 0 (control), 10, 15 y 20% (p/v) de PEG 8000 (Hoagland y Arnon, 1950).

Variables evaluadas y parámetros determinados

Se evaluó el número de semillas germinadas, desarrollo de hipocótilo y epicótilo medidos en cm y número de hojas verdaderas hasta los 15 días de la fase de plántula; así como la relación entre la longitud raíz-tallo, cantidad de raíces laterales y peso fresco del tallo y de raíz.

Para determinar el efecto del estrés sobre las variables estudiadas se utilizó la fórmula siguiente:

Índice de estrés en la germinación (IEG), según Domínguez *et al.* 2014.

$$\text{IEG} = \text{VME} / \text{VMC} \times 100$$

VME= Número de plantas germinadas con estrés

VMC= Número de plantas germinadas sin estrés

$$\% \text{ de Inhibición} = 100 - \text{IEG}$$

Longitud de tallo y raíz. Se midieron 20 plántulas por repetición desde el nacimiento del hipocótilo hasta la yema apical y al extremo de la raíz para calcular respectivamente la longitud (cm) promedio del tallo y raíz.

Peso fresco (Pf) de tallo y raíz. Se determinó el peso fresco (g) promedio del tallo y raíz en 20 plántulas por repetición en una balanza digital Sartorius.

Análisis estadístico

Los datos de las variables evaluadas estuvieron sujetos a un análisis de varianza usando el programa estadístico InfoStat versión 1.1 (Di Rienzo *et al.* 2008). Se determinó la normalidad y homogeneidad de varianza de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y se aplicó la prueba de media de Tukey a un nivel de $P \leq 0,05$ para las variables que resultaron significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inhibición de la germinación

El porcentaje de germinación de semillas de las líneas de caraota disminuyó desde los 4 días de sembradas, a las proporciones 10 y 15% de PEG 8000 en comparación al control. No todas las líneas fueron afectadas por igual en el proceso de germinación en condiciones de estrés hídrico. Las líneas 6, 13, 16, 17, 19 y 20 presentaron porcentajes de inhibición de la germinación por encima de 50 a 20% de PEG 8000, siendo las líneas 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10 y 15 las menos afectadas (Figura 1). Estos resultados coinciden con los reportados por Penichet *et al.* (2005) en cultivares de *P. vulgaris* evaluados a 18% de PEG, quienes encontraron que el porcentaje de inhibición de germinación estuvo entre 48 y 50% y la cantidad de variedades afectadas aumento con 21% de PEG, hasta alcanzar un 87% de inhibición.

Inhibición del desarrollo de hipocótilo, epicótilo y hojas verdaderas

Al evaluar la cinética del desarrollo del hipocótilo, epicótilo y las hojas verdaderas, a los 15 días después de la germinación de las semillas de líneas de caraota (Cuadro 1) se observó que todas las plántulas presentaron hipocótilo a

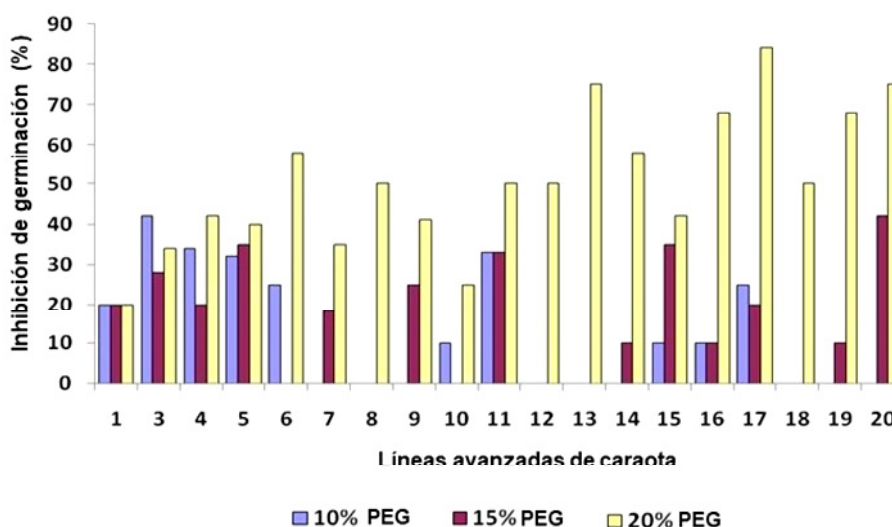


Figura 1. Inhibición de germinación (%) de líneas de caraotas a los 15 días después de la siembra, bajo diferentes proporciones de PEG 8000.

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición del desarrollo del hipocótilo, epicótilo, hojas verdaderas de líneas avanzadas de caraota, a los 15 días de sembradas, en condiciones de déficit hídrico.

Líneas Avanzadas	Inhibición desarrollo hipocótilo (%)			Inhibición desarrollo epicótilo (%)			Inhibición desarrollo Hojas verdaderas (%)		
	PEG								
	10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%
1	11,10	11,10	11,10	57,10	66,70	75,70	57,10	66,70	85,20
3	20,00	60,00	52,00	33,30	66,70	75,70	33,30	75,70	81,80
4	20,00	20,00	40,00	27,30	33,30	50,00	35,00	50,00	50,00
5	20,00	40,00	28,00	50,00	58,30	72,51	50,00	66,70	81,80
6	18,20	27,30	50,40	18,20	55,70	66,70	55,70	62,50	76,70
7	0,00	33,30	33,30	25,00	50,00	62,50	25,00	58,30	67,10
8	8,30	0,00	33,30	12,50	33,30	50,10	33,30	47,50	58,40
9	18,20	60,30	88,90	22,20	75,70	87,50	50,00	100,00	100,00
10	0,00	9,10	30,60	22,20	58,30	75,00	14,30	57,10	81,10
11	33,30	33,30	50,00	33,30	50,00	66,70	50,00	50,00	76,70
12	0,00	8,30	58,30	12,50	66,70	72,50	52,50	62,50	87,50
13	0,00	8,30	66,70	14,30	57,10	67,10	57,10	87,50	100,00
14	0,00	25,00	75,00	37,50	50,00	60,00	50,00	50,00	87,50
15	0,00	36,40	90,10	0,00	50,00	67,10	50,00	66,70	100,00
16	8,30	8,30	58,30	50,00	50,00	76,70	66,70	76,70	88,90
17	11,10	33,30	85,20	22,20	58,30	88,90	75,00	88,90	100,00
18	0,00	8,33	58,30	0,00	50,00	62,50	57,10	57,10	67,10
19	0,00	8,30	66,70	58,30	66,70	76,70	66,70	76,70	100,00
20	0,00	36,40	80,20	57,10	57,10	67,10	57,10	76,70	87,50

partir del cuarto día. El epicótilo apareció el sexto día, así como algunas hojas verdaderas en diferentes líneas con la proporción control y en las tratadas al 10% de PG 8000. Los mayores porcentajes de inhibición se presentaron 15 días después de la siembra en el desarrollo de las hojas verdaderas en todas las líneas. Similares resultados fueron encontrados por Passioura (2002) y Domínguez *et al.* (2014) quienes refieren que la variación del área foliar es una de las respuestas macroscópicas más tempranas

en plantas que sufren déficit hídrico. Boutra y Sanders (2001) plantean que la limitación de la humedad del suelo influye en el cultivo de caraota, reduciendo el tamaño de la planta entre otros índices de crecimiento, como la hoja verdadera.

Estrés severo de sequía induce a numerosas irregularidades metabólicas en plantas, disminución de la tasa de crecimiento, reducción en la capacidad de intercambio gaseoso, pérdida

de turgencia y síntesis de algunos metabolitos secundarios. Estas alteraciones y su impacto en la morfología y fisiología de las plantas, van a depender del grado de tolerancia de los tejidos a la deshidratación, principalmente en las hojas (Ludlow, 1989).

Relación longitud raíz-tallos

Las líneas que presentaron las mayores relaciones longitud raíz-tallos, en condiciones

de déficit hídrico extremo (20%), fueron la 11, 12, y 14 (Cuadro 2). El crecimiento de la parte no aérea fue menos afectado; esto, en condiciones de estrés hídrico, pudiera interpretarse como respuesta de adaptación a la sequía de dichas líneas, considerando que las raíces son importantes para garantizar la absorción de agua en suelos secos. Raíces profundas y ramificadas son fundamentales para el comportamiento de los cultivos en limitaciones de suministro de agua (Blum, 2005).

Cuadro 2. Relación longitud de la raíz y el tallo de líneas avanzadas de caraota a los 15 días de sembradas a diferentes proporciones de PEG 8000.

Líneas avanzadas	PEG			
	0 %	10 %	15 %	20 %
	m±EE			
1	1,16±0,13 b	1,01±0,12 c	4,87±0,51 c	4,74±0,88 b
3	1,59±0,19 b	0,73±0,17 c	0,91±0,12 d	2,71± 0,66 b
4	0,98±0,16 b	1,15±0,16 c	2,63±0,59 d	5,21± 0,97 b
5	1,48±0,33 b	2,12±0,41 c	0,83±0,08 d	3,69±0,57 b
6	1,01±0,33 b	1,53±0,17 c	3,44±0,08 c	5,98± 0,57 b
7	1,50±0,19 b	2,84±0,37 b	1,12±0,24 d	2,84± 0,64 b
8	0,84±0,06 b	1,81±0,32 c	3,95±0,57 c	5,88± 0,71 b
9	2,0± 0,16 b	2,17±0,25 c	1,80±0,31 d	5,94± 1,28 b
10	1,68±0,44 b	3,03±0,62 b	5,36±1,02 c	6,21± 1,1 b
11	3,09±0,53 a	6,31±1,02 a	6,74±0,39 c	13,77±2,03 a
12	1,80±0,44 b	3,85±1,07 b	8,62±2,06 b	11,04±1,78 a
13	1,39±0,29 b	2,82±0,30 b	7,60±0,88 b	4,86±1,17 b
14	3,01±0,70 a	4,30±1,02 b	18,02±2,67 a	10,06±2,38 a
15	0,93±0,10 b	3,07±0,30 b	11,79±2,11 b	4,58±0,63 b
16	1,92±0,34 b	4,02±0,28 b	11,71±1,67 b	4,75±1,49 b
17	1,69±0,19 b	1,95±0,14 c	6,58±1,56 c	3,70± 1,85 b
18	1,84±0,26 b	4,98±0,56 b	6,34±1,04 c	9,55± 5,89 b
19	1,34±0,19 b	4,46±0,87 b	8,82±2,01 b	7,92± 4,39 b
20	1,10±0,11 b	7,27±0,59 a	8,73±1,18 b	2,80± 2,53 b

m=media; EE=Error experimental; Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas (Tukey, P<0,05)

Evaluación de peso fresco de tallos

En la Figura 2 se puede observar que el peso fresco del tallo disminuyó significativamente al aumentar el estrés hídrico en todas las líneas, presentando la mayor diferencia en el control al compararlo con las líneas 7, 12, 13, 14, 19 y 20. Esto puede deberse a la disminución del crecimiento y a procesos de deshidratación que se ponen de manifiesto como consecuencia del estrés, lo cual ha sido probado por otros autores como Galván *et al.* (2003).

Peso fresco de raíz

La respuesta de las líneas de caraota para peso fresco fue diferencial ($P \leq 0,05$) a las proporciones de PEG usadas, excepto para las líneas 1 y 17 (Cuadro 3). A mayor proporción de PEG disminuyó el peso fresco de la raíz y el porcentaje de germinación. Similares resultados fueron encontrados por Kaur *et al.* (1998) en garbanzos (*Cicer arietinum*) y Basha *et al.* (2015) en tomate (*Solanum lycopersicum*).

La raíz como órgano de relativa plasticidad suele sufrir, bajo la influencia del medio, modificaciones importantes. La penetración de las raíces en profundidad permite una mejor absorción de agua y aumenta la resistencia a la sequía. Las raíces absorben el agua y cuando falta este

elemento descienden a capas profundas del suelo, lo que permite que la planta adquiera un desarrollo adecuado (Domínguez *et al.* 2014).

Aún se desconoce los procesos que generan esa diferencia en raíz; sin embargo, su significado desde el punto de vista de supervivencia de plantas es de importancia. Una mayor tolerancia de raíz a condiciones de reducido contenido de agua en el suelo asegura su crecimiento en etapas tempranas de desarrollo, y el uso eficiente de la humedad del suelo antes de la incidencia regular de las lluvias. Esto ha sido probado en cereales como cebada (López *et al.* 1996; Sánchez *et al.* 2003) y parece igualmente importante para la caraota que se cultiva en vastas zonas de secano de todo el mundo (Madueño *et al.* 2006).

Los resultados obtenidos muestran que existe una respuesta diferencial de las líneas, ya que todos los materiales genéticos no responden igual al efecto del estrés hídrico en esta etapa de desarrollo de la planta. Los mecanismos o características de la raíz que hacen esto posible se desconocen, pero podrían estar relacionados con la composición de los tejidos o la capacidad para mantener su integridad en condiciones de estrés (Darkwa *et al.* 2016). Se ha documentado que, para germinar, las semillas de frijol silvestre y domesticado, embeben proporciones de agua

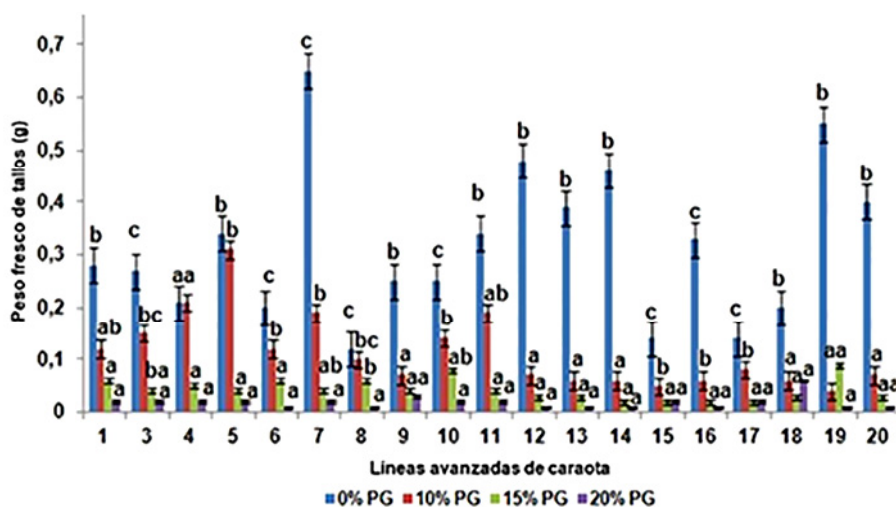


Figura 2. Peso fresco (PF) del tallo, expresado en g, de las líneas avanzadas de caraota a los 15 días de sembrados a diferentes proporciones de PEG 8000.

Cuadro 3. Peso fresco (PF) de la raíz, expresado en g, de las líneas avanzadas de caraota a los 15 días de sembradas a diferentes proporciones de PEG 8000.

Líneas avanzadas	PEG				PF raíz±EE			
	0 %		10 %		15 %		20 %	
1	0,02 ±0,00	a	0,01±0,00	a	0,01±0	b	0,01±0	b
3	0,04±0,01	a	0,03±0,01	a	0,01±0	a	0,01±0	a
4	0,03±0,00	b	0,01±0,00	a	0,01±0	a	0,01±0	a
5	0,02±0,00	b	0,04±0,00	c	0±0	a	0,01±0	a
6	0,01±0,00	a	0,01±0,00	b	0,01±0	c	0,01±0	a
7	0,03±0,01	b	0,04±0,00	b	0,01±0	a	0,01±0	a
8	0,09±0,00	c	0,01±0,00	b	0±0	a	0±0	a
9	0,02±0,00	c	0,01±0,00	b	0,01±0	a	0,01±0	a
10	0,02±0,00	c	0±0,00	a	0,02±0	d	0,01±0	b
11	0,08±0,00	b	0,02±0,04	a	0,01±0	a	0,01±0	a
12	0,05±0,00	c	0,02±0,00	b	0,01±0	ab	0,01±0	a
13	0,04±0,01	b	0,01±0,00	a	0,02±0	a	0,01±0	a
14	0,03±0,00	b	0,03±0,00	b	0,01±0	a	0,01±0	a
15	0,06±0,01	b	0,02±0,00	a	0,02±0	a	0,01±0	a
16	0,12±0,02	b	0,03±0,01	a	0,01±0	a	0,01±0	a
17	0,04±0,00	a	0,03±0,00	a	0,03±0	a	0,03±0	a
18	0,05±0,00	b	0,03±0,00	a	0,02±0	a	0,03±0	a
19	0,04±0,00	c	0,01±0,00	b	0,01±0	ab	0±0	a
20	0,06±0,01	c	0,02±0,00	b	0,02±0	b	0±0	a

EE= error experimental. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas (Tukey, P<0,05)

diferentes; así, algunos frijoles embeben agua equivalente al 60% de su peso y otros requieren el 100% para germinar (Peña *et al.* 2002).

Diversos autores han señalado que en algunas especies la acumulación de solutos favorece la absorción de agua, y que de esta manera la turgencia de los tejidos, y por ende el crecimiento, son mantenidos dentro de ciertos límites (Ludlow, 1989). Al respecto, Cruz (2001) demostró que el

ápice de la raíz de maíz acumula más prolina en condiciones de déficit de agua.

CONCLUSIONES

Las líneas avanzadas de caraota evaluadas mostraron una respuesta diferencial a las distintas concentraciones de PEG 8000 en las etapas de desarrollo de plántulas.

El porcentaje de inhibición de la germinación de las líneas 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10 y 15 fue menos

afectado a la mayor concentración de PEG 8000. El porcentaje de inhibición de las líneas 8, 12, 13 no fue afectado al 10 y 15% de PEG 8000, considerándose estas últimas como moderadamente tolerantes y las primeras como tolerantes al déficit hídrico.

Con el incremento de las concentraciones de PEG 8000 se produjo un aumento en el porcentaje de inhibición de la germinación y una disminución en el peso fresco del tallo y raíz de las líneas de caraota. El epicotilo y las hojas verdaderas en esas plántulas aparecieron más tardíos en comparación con el tratamiento control.

Las líneas de caraota que presentaron las mayores relaciones longitud raíz-tallos, en condiciones de sequía extrema (20% PEG) fueron la 11, 12, y 14.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela, por su valiosa colaboración y por suministrar los materiales genéticos para este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Abdellatif, K; El Sayed, A; El Absawy, ES; Zakaria, AM. 2012. Drought stress tolerance of faba bean as studied by morphological traits and seed storage protein pattern. *Journal of Plant Studies* 1(2):47-54.
- Basha, P; Sudarsanam, G; Madhu, M; Reddy, S; Sankar, N. 2015. Effect of PEG induced water stress on germination and seedling development of tomato germplasm. *International Journal of Recent Scientific Research* 6: 4044-4049.
- Beebe, S; Rao, I; Blair, MW; Acosta-Gallegos, JA. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought, *Front Physiol.* 4(35):1-20.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. *Australian J. Agric. Res.* 56:1159-1168.
- Boutra, T; Sanders, F. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L) *J. Agron. Crop Sci.* 187: 251-257.
- Cortés, AJ; Monserrate, FA; Ramírez-Villegas, J; Madriñán S; Blair, MW. 2013. Drought tolerance in wild plant populations: The case of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *PLoS ONE* 8(4): e62898.
- Cruz, C. 2001. Características fisiológicas y biofísicas de la raíz de maíz (*Zea mays* L.) involucradas en la tolerancia a la sequía, Tesis, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 69 p.
- Campos, G; García, M; Ramis, C. 2011. Respuesta de 20 variedades de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) ante el estrés por NaCl durante la germinación y en fase plantular. *Bioagro* 23 (3):215-224.
- Darkwa, K; Ambachew, D; Mohammed, H; Asfaw, A; Blair MW. 2016. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. *The Crop Journal* 4: 367-376.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2008. *InfoStat, versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado 03 jul. 2018. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>.
- Domínguez, A; Pérez, Y; Sosa, M; Sosa, D; Rea, R. 2014. Efecto del estrés hídrico sobre la germinación de genotipos de frijol común en condiciones experimentales de sequía. *Revista Avanzada Científica* 17(1):1-15. Consultado 03 jul. 2018. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4783039>
- Espinoza, Z; Kuruvadi, S. 1985. Clasificación de colecciones de zacate gigante (*Leptochloa dubia* HBK. Ness) por su grado de resistencia a sequía en manitol. *Agraria* 1: 142-152.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia).

2015. Consultado 03 jul. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Galván, M; Kohashi, J; García, A; Yáñez, P; Martínez, E; Ruiz, L. 2003. Déficit hídrico en planta, Acumulación de biomasa y área foliar en tres etapas vegetativas en frijol común. *Agricultura Técnica en México* 29: 101-111.
- Hoagland and Arnon (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, Calif. University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station.
- Kaur, S; Gupta, AK; Kaur, N. 1998. Gibberellic acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chickpea. *Plant Growth Regul.* 25:29-33.
- Klaedtke, SM; Cajiao, C; Grajales, M; Polania, J; Borrero, G; Guerrero, A. 2012. Photosynthate remobilization capacity from drought-adapted common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines can improve yield potential of interspecific populations within the secondary gene pool. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 4: 49-61.
- López-Castañeda, C; Richards, R; Farquhar, G; Williamson, R. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigour among temperate cereals. *Crop Sci.* 36:1257-1266.
- Ludlow, M. 1989. Strategies in response to water stress. En: Kreeb, H., Ritcher, H. and Hickley, T. Eds. Structural and functional response to environmental stresses: Water shortage. p. 269-281.
- Madueño-Molina, A; García-Paredes J; Martínez-Hernández, J; Rubio-Torres, C. 2006. Germinación y crecimiento de frijolillo *Rhynchosia minima* con diferentes potenciales osmóticos. *TERRA Latinoamericana* 24:187-192.
- Passioura, J. 2002. Soil conditions and plant growth. *Plant, Cel. and Environment* 25:311-318.
- Penichet, H; Cabrera, C; Pérez, C; Lago, E; Pérez, M; Mendoza, M. 2005. Germinación de diferentes cultivares de frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.) bajo condiciones de sequía. *Revista Agrotecnia de Cuba* 1:1-9.
- Peña-Valdivia, C; García N; Aguirre, J; Trejo, C. 2002. The effects of high temperature on dormancy and hypocotyl-root growth of wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seed Sci. Technol.* 30:231-248.
- Porch, T; Ramírez, V; Santana, D; Harmsen, E. 2009. Evaluation of common bean for drought tolerance in Juana Diaz, Puerto Rico. *J. Agronomy & Crop Science* 195:328-334.
- Rosales, M; Ocampo, E; Rodríguez-Valentín, R; Olvera-Carrillo, Y; Acosta-Gallegos, A; Covarrubias, A. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiology and Biochemistry* 56:24-34.
- Sánchez, A; Peña, C; Trejo, C; Rogelio, J; Cárdenas, E; Galicia, A. 2003. Permeabilidad de las membranas radicales de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado bajo déficit de humedad. *Interciencia* 28: 596-603.
- Warnock de Parra, R; Guillén, L; Puche, M; Silva, O; Morros, M. 2007. Selección de la fecha de siembra como estrategia de adaptación a los efectos del estrés térmico sobre los rendimientos simulados de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en un área montano baja del centro-occidente de Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 24:442-467.

Caracterización de propiedades físicas de suelos cultivados con café del municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela

Characterization of physical properties of soils cultivated with coffee in the municipality of Caripe, Monagas state, Venezuela

Renny Barrios Maestre¹, Ramón Silva-Acuña², Grecia Romero Martínez³, Iván Maza³ y Luis Zerpa Evans³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Monagas, Venezuela.

²Universidad de Oriente (UDO), estado Monagas, Venezuela. *Correo electrónico: rennybarrios@gmail.com

RESUMEN

El café es el cultivo más importante de la Serranía del Turimiquire, principal zona proveedora de agua de la región Nor-Oriental de Venezuela. Con el objetivo de caracterizar las propiedades físicas de los suelos del eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, se colectaron muestras inalteradas en 153 fincas comerciales. Las muestras fueron procesadas en laboratorios de suelos de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas y del INIA Guárico. Se determinaron las variables conductividad hidráulica saturada, densidad aparente, densidad real, porosidad total, macroporosidad, granulometría, agregados estables al agua de diferentes diámetros, contenido de humedad y contenido de materia orgánica. Por medio de análisis de correlación lineal se identificaron y se descartaron variables con multicolinealidad. Con el análisis de componentes principales se seleccionaron las variables que aportaron mayor variabilidad y mediante el análisis de agrupamiento jerárquico se definieron seis grupos de localidades con condiciones similares de suelos. Las técnicas estadísticas permitieron identificar siete variables que explicaron el 95% de la variación en las propiedades físicas de los suelos. Entre los criterios de agrupamiento predominaron las relaciones espaciales, la granulometría, la materia orgánica y la estabilidad estructural. Las localidades ubicadas en zonas de laderas presentaron la mayor estabilidad estructural, mientras que las ubicadas en zonas bajas mostraron los mayores niveles de materia orgánica y de arcilla como producto de la acumulación de sedimentos. Las estrategias de manejo deben orientarse a limitar los procesos erosivos mediante la conservación de la cobertura vegetal y de prácticas que acorten la longitud de la pendiente.

Palabras clave: degradación, estabilidad estructural, erosión, materia orgánica.

Recibido: 24/04/16 Aprobado: 22/12/16

ABSTRACT

Coffee is the most important crop in the highlands of the Turimiquire, main supplier of water in area the North-Eastern Region. Aiming to characterize soil physical properties of coffee axis in San Agustín-Juasjuillar, Caripe – Monagas State, 153 unaltered samples were collected from commercial farms. The samples were processed in the soils laboratories of University of Oriente - Monagas and National Institute for Agricultural Research (INIA) Guárico. The variables determined were saturated hydraulic conductivity, bulk density, particle density, total porosity, macroporosity, particle size, stability to water of aggregates for different diameters, moisture and organic matter content. Multicollinear variables were identified and discarded through the analysis of linear correlation. Using analysing of main components, the variables were selected by principal component analysis variables that provide greater variability, and using hierarchical cluster analysis six groups with similar soil conditions were selected. Statistical techniques allowed the identification of seven variables that explain 95% of the variation in the physical properties of soils. Among the grouping criteria spatial relationships, grain size, organic matter and structural stability were predominant. The hillside areas showed the highest structural stability, while those located in lower areas showed the highest levels of organic matter and clay, as a result of the accumulation of sediment. Management strategies should focus in limiting erosion through conservation of soils and practices that shorten the slope length.

Key words: degradation, structural stability, erosion, organic matter.

INTRODUCCIÓN

Los trópicos húmedos son ricos en carbono y biodiversidad, por lo que atraen la atención mundial debido a la pérdida acelerada que está sufriendo la superficie que ocupan (Tropek *et al.* 2014; Saatchi *et al.* 2011; Strassburg *et al.* 2010). La intervención de estos ambientes, bien sea con fines agrícolas, urbanos o turísticos, han potenciado dramáticamente los procesos erosivos como consecuencia de intensas precipitaciones concentradas en periodos de tiempo relativamente cortos, sobre todo en zonas de laderas (Labriere *et al.* 2015; Lal, 1990).

La región Oriental de Venezuela alberga el sistema de serranías del Turimiquire, que se prolonga a los estados Sucre, Anzoátegui y Monagas, con un conjunto de microcuencas que conforman el sistema hidráulico del Turimiquire; con extensión de 540 mil hectáreas, donde nacen los ríos Manzanares, Guarapiche, Colorado, Guayabo y Neverí, cuyas aguas alimentan un embalse de 1500 hectáreas que suministra el 80% el agua que consumen los habitantes de la región Nor-Oriental (MARNR, 1997).

Esta zona posee vegetación boscosa asociada a pendientes pronunciadas, con diversos niveles de intervención, afectados principalmente por la actividad cafetalera y el establecimiento de sistemas hortícolas de mediana y alta intensidad, que afectan el balance energético e hídrico por degradación del suelo, con la aparición de procesos erosivos que disminuyen la calidad y productividad de las tierras.

Los cafetales tradicionales, bajo árboles de sombra, frutales o maderables, podrían ser considerados uno de los cultivos menos perjudiciales, porque preservan algunos de los procesos ecológicos propios del bosque natural, como el mantenimiento de una constante cobertura de los suelos (La Marca y Silva, 2015; Venturini, 2007).

Labriere *et al.* (2015) señalan que la pérdida de suelo es menor en las parcelas ocupadas por cultivos arbóreos con una cubierta permanente, aun así, la erosión no puede considerarse totalmente nula. Por otro lado, condiciones de suelo desnudo, relacionados con la tala y la agricultura migratoria, contribuyen a incrementar de forma desproporcionada la velocidad de erosión global en dichos ambientes.

En el estado Monagas la caficultura ocupa aproximadamente 23183 hectáreas, particularmente el municipio Caripe posee 13000 ha, con rendimientos de 5 quintales por hectárea, inferiores al promedio nacional (8,3 qq ha⁻¹) y muy distante del potencial productivo de las variedades en uso. Entre las limitantes para la producción se pueden citar: grandes superficies sembradas con cafetos viejos de poca producción, carencia de planes coherentes de apoyo al desarrollo cafetalero, insuficientes planes de fertilización debido a las limitaciones para diagnósticos nutricionales confiables; así como la falta de disponibilidad de fórmulas que cubran los requerimientos del cultivo, y recientemente la aparición de la broca del cafeto, como plaga de importancia económica (Silva-Acuña *et al.* 2010).

El reconocimiento de las propiedades del suelo y paisaje es de gran importancia para el diseño de programas de manejo, principalmente cuando se delimitan zonas o clases similares de manejo agronómico de cultivos, partiendo del entendimiento y clasificación de la variabilidad de las propiedades del suelo y de su efecto sobre la productividad como componentes determinantes en la definición de prácticas agrícolas localizadas (Delalibera *et al.* 2012; Jiang y Thelen, 2004).

Dada la relevancia de la región del Turimiquire, como zona productora de agua del área Nor-Oriental del país, y tomando en cuenta la importancia económica y la superficie cultivada de café en la zona, la presente investigación tuvo como objetivo caracterizar las propiedades físicas de los suelos del eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar del municipio Caripe estado Monagas; a fin de contribuir a la generación de planes de manejo particulares en función de la similitud de las diferentes localidades, en uno de los ejes con mayor producción de dicho rubro en este estado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de muestreo correspondió al eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar, que representa el área de mayor importancia para la caficultura del municipio Caripe del estado Monagas, e involucró los caseríos: San Agustín, la Guanota, Altamira, Monagal, Corozal,

Culantrillal, Barrio Colorado, Las Cinco Cruces y Juasjuillar. El clima está clasificado como bosque húmedo premontano, con temperaturas que oscilan entre 12 y 24 °C, la precipitación es de 1124 mm como promedio anual y la altitud es de 1050 msnm (MARNR, 1997).

Los suelos donde fueron realizados los estudios, se ubican dentro del paisaje montañoso de la Serranía del Turimiquire. Se evidenció que están poco evolucionados y fértiles, clasificando como Ustepts-Orthents moderadamente profundos y, en ocasiones, vinculados a afloramientos rocosos, con pendientes entre 45 a 60% y superiores al 60%; además, presentan tendencia para la realización de plantaciones agrícolas, bajo el uso de cultivos permanentes (café y cítricos), con posibilidad de ser desplazados por cultivos hortícolas intensivos.

Se realizó un muestreo estratificado sobre el horizonte superficial a lo largo del eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar (Figura 1), donde se

tomaron muestras de suelos no alteradas por duplicado en 153 unidades de producción, utilizando barreno Uhland con cilindros de 785 cm³. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Monagas y en el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Guárico (INIA Guárico).

A propósito del estudio se determinaron las siguientes variables: conductividad hidráulica saturada (Forsythe *et al.* 1975), densidad aparente (Blake y Hartge, 1965), densidad real (método del picnómetro), porosidad total (Pla, 1983), macroporosidad (Pla, 1983), granulometría (Day, 1965), agregados estables al agua de diferentes diámetros (Pla, 1983), contenido de humedad (método gravimétrico) y contenido de materia orgánica (Walkley y Black, 1934).

Los datos fueron tabulados y sometidos a análisis exploratorio para verificar la presencia

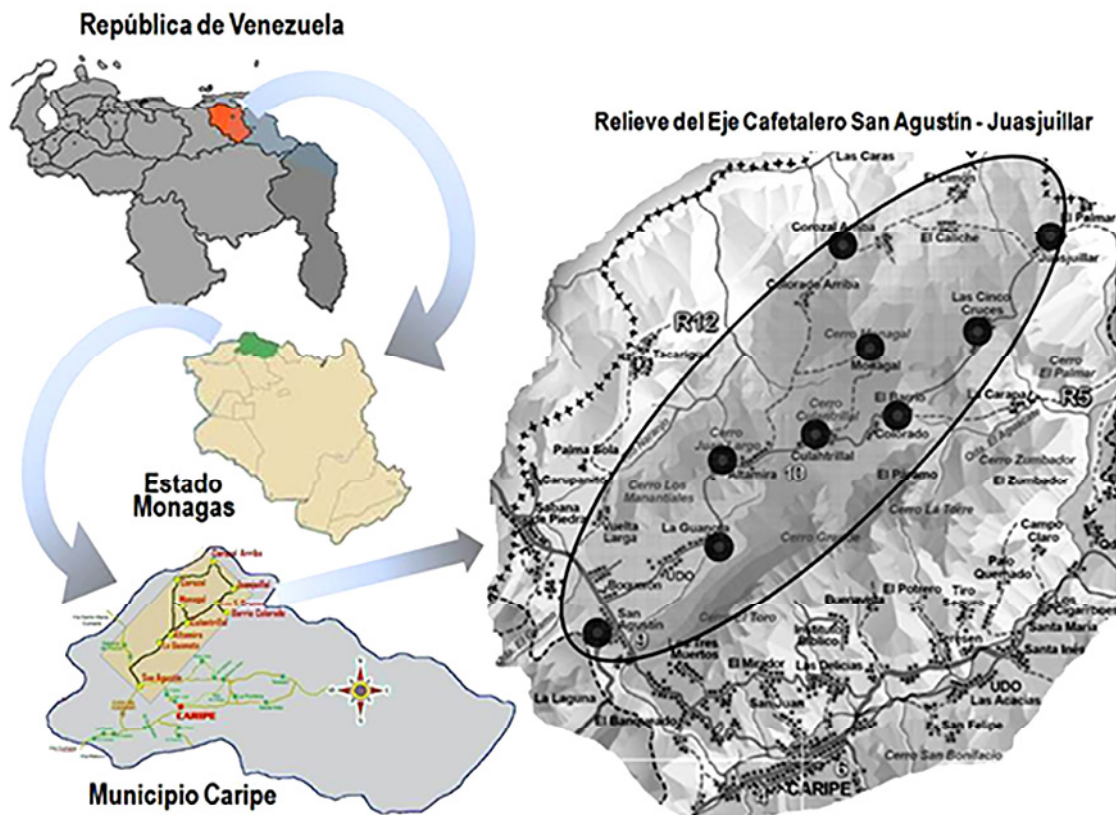


Figura 1. Ubicación relativa de las localidades evaluadas en el eje cafetalero San Agustín- Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas.

de valores anómalos o atípicos. Posteriormente, se realizó un análisis de correlación lineal de Pearson a fin de identificar y descartar variables que pudieran estar generando información redundante. El resto de las variables fueron estandarizadas ($x=0$; $s^2=1$) y utilizadas en el análisis de componentes principales para identificar aquellas que aportan la mayor variabilidad, a través de la selección de las que presentaron los autovalores más elevados y las mayores proporciones de la varianza total, explicadas en los distintos componentes identificados.

A partir de las variables retenidas se procedió a realizar un análisis de agrupamiento jerárquico, utilizando la distancia euclidiana promedio para la conformación de los grupos. El corte que definió el número de grupos del dendograma fue realizado utilizando el método visual, en el cual se especificó el nivel de agrupamiento por conveniencia (Cargnelutti *et al.* 2008; Albuquerque, 2005; Sneath y Sokal, 1973), escogiéndose como punto de corte la distancia euclidiana promedio de 2,2.

Posteriormente se analizaron las características físicas de cada uno de los grupos identificados. Los datos fueron procesados por medio del programa estadístico InfoStat® (Di Rienzo *et al.* 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de correlación de Pearson condujo a la exclusión de las variables conductividad hidráulica saturada, porcentaje de humedad, densidad real y contenido de limo, por estar altamente correlacionadas o por presentar multicolinealidad, con respecto a otras variables del conjunto de datos evaluados.

El análisis de componentes principales estuvo orientado a reducir la dimensionalidad del conjunto de datos evaluados en el sector cafetalero. Cada componente principal es descrito en términos de nuevos componentes, los cuales son definidos como la combinación lineal de las variables originales. El primer componente, asociado con el mayor autovalor, representa el valor máximo del total de la varianza; el segundo componente es la segunda combinación lineal, no correlacionado con el primer componente, que representa la máxima

varianza residual; y así sucesivamente, hasta contabilizar totalmente la varianza. Es deseable que un número reducido de componentes expliquen un gran porcentaje de la varianza total.

En el eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, la determinación de los componentes principales permitió seleccionar cuatro vectores de autovalores de alto rango, los cuales explicaron el 95% de la varianza total observada en los datos (Cuadro 1), con lo cual se redujo significativamente el número de variables mantenidas para el análisis de conglomerados. Diversos estudios han mostrado el potencial de esta técnica de análisis para datos de suelos que contienen gran número de variables (Araújo *et al.* 2012; Payé *et al.* 2012; Barbosa *et al.* 2012; Pereira *et al.* 2010; Carvalho *et al.* 2008).

El Cuadro 1 muestra las variables con mayores pesos en los componentes principales derivados de las propiedades físicas evaluadas, a partir de las cuales se explicó el 95% de la varianza acumulada, superior a los valores encontrados por Serafim *et al.* (2013) en la distinción de ambientes para el café, tomando en cuenta la función de la disponibilidad hídrica para el cultivo, quienes explicaron el 87% de la variación total a partir de cuatro componentes principales.

Por su parte, Delalibera *et al.* (2012), a través de cuatro componentes principales, explicaron el 65% de la variabilidad de diferentes zonas agrícolas de la región de Ponta Grossa del estado de Paraná, Brasil.

El primer componente estuvo relacionado con la clase textural, la materia orgánica y la estabilidad estructural, el segundo componente se relacionó a la densidad aparente, el tercer componente se relacionó con los agregados estables de tamaño medio, mientras que el cuarto componente estuvo relacionado con la porosidad del suelo.

Trabajos de Araujo *et al.* (2012) destacan la importancia de la granulometría como variable determinante en la separación de grupos de suelos derivados de materiales sedimentarios de la región Central de Río Grande del Sur, Brasil. Por su parte, Thomazini *et al.* (2013) señalan que la estabilidad estructural es una variable integradora que tiende a disminuir en la medida en que se interviene el bosque natural con fines de producción cafetalera.

Cuadro 1. Variables con mayores pesos en cuatro componentes principales de propiedades físicas de suelos del eje cafetalero San Agustín - Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas.

Variable	Componente Principal			
	1	2	3	4
Materia Orgánica (%)	0,48	- 0,23	- 0,21	- 0,20
Arcilla (%)	0,46	0,15	0,19	0,33
Arena (%)	- 0,46	- 0,19	0,13	- 0,31
Densidad Aparente (mg.m ⁻³)	- 0,11	0,81	0,14	0,03
Porosidad Total (%)	- 0,34	- 0,39	- 0,13	0,68
Agregados Estables > 4 mm	- 0,43	0,10	0,28	0,22
Agregados Estables 2 - 4 mm	0,18	- 0,27	0,89	- 0,04
Autovalor	3,75	1,33	0,96	0,59
Proporción de la Varianza (%)	54,0	19,0	14,0	8,0
Varianza Acumulada (%)	54,0	73,0	87,0	95,0

El uso del análisis de conglomerados, con la utilización de las variables de mayor peso en cada uno de los componentes principales identificados, permitió distinguir seis grupos con propiedades físicas similares, utilizando como índice de similitud la distancia euclidiana promedio de 2,2.

La Figura 2 muestra el dendograma correspondiente a las diferentes localidades evaluadas en el eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar. El agrupamiento estuvo relacionado con la cercanía entre las localidades, que a su vez refleja la similitud espacial de los atributos naturales de suelo y paisaje. Es bien conocido que las propiedades físicas del suelo, en sistemas con pocas labores mecanizadas, son relativamente estables ante la intervención agrícola, sobre todo en las condiciones de ejecución del presente estudio, donde la práctica de producción cafetalera es mayormente artesanal.

En tal sentido, Monagal y Cinco Cruces son comunidades cercanas con relieves accidentados asociados al cerro Monagal, y conforman el grupo número 6. Del mismo modo, las localidades Culantrillal y Barrio Colorado son parte de un grupo similar en cuanto a atributos

físicos de suelo, y se ubican en un área de 3 Km de diámetro aproximadamente, con pendientes menos pronunciadas que en el grupo anterior, asociadas al cerro Culantrillal.

Por su parte, las localidades San Agustín, La Guanota y Altamira, tienen una separación, entre sí, de 5 Km aproximadamente, y corresponden a una zona deprimida con deposición de material sedimentario, que le confiere alta variabilidad. De esta forma, el análisis de conglomerados las separa en grupos diferentes a cada una; mientras que Corozal también fue separada en un grupo, probablemente debido a su ubicación en el piedemonte, donde recibe sedimentos que drenan hacia el estado Sucre.

La discrepancia se presentó con la localidad Juasjuillar, la cual fue agrupada junto a Culantrillal y Barrio Colorado, a pesar de estar ubicada en un paisaje distinto; probablemente, dicha clasificación estuvo asociada a alteraciones de las propiedades del suelo como consecuencia de las prácticas de manejo aplicadas por los agricultores en dicha localidad, lo cual indujo dichas similitudes.

El Cuadro 2 presenta el resumen de las propiedades físicas de los diferentes grupos

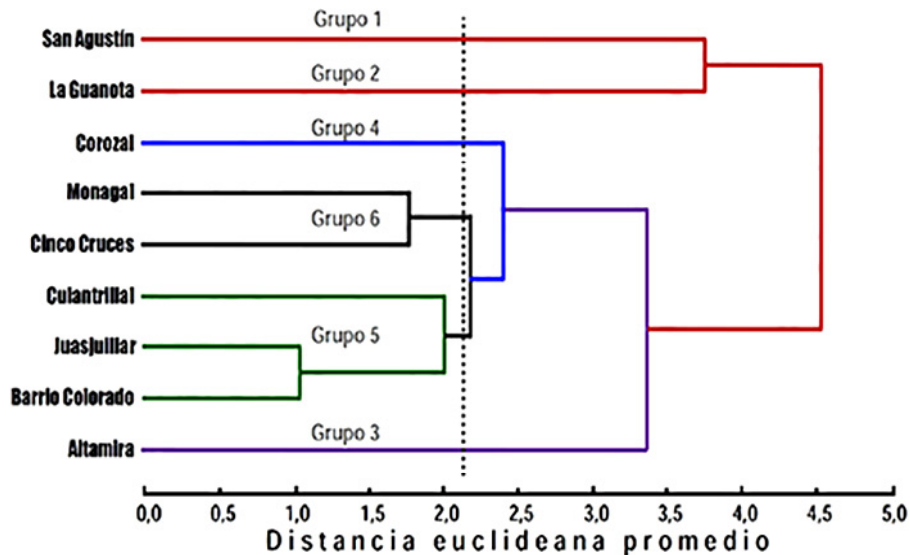


Figura 2. Dendrograma de agrupamiento por similitud de propiedades físicas de suelos de las localidades del eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas.

conformados. Los primeros tres grupos corresponden a zonas de deposición sedimentaria, ubicadas en la depresión de la quebrada “La Guanota”, lo cual le confiere la predominancia de partículas finas provenientes de la erosión de paisajes ubicados a mayor altitud.

En consecuencia, se observan los mayores niveles de materia orgánica y arcilla con un gradiente a favor de la pendiente; es decir, menores valores en las zonas altas y mayores niveles en las zonas bajas: la localidad de Altamira presenta 6,43% de materia orgánica y 21,7% de arcilla; la localidad de La Guanota tiene 7,42% de materia orgánica y 28,8% de arcilla; mientras que San Agustín, ubicada en la posición más baja, mostró 7,46% de materia orgánica y 40,3% de arcilla.

En general, los suelos de texturas finas son suelos pesados, que presentan baja permeabilidad, alta capacidad de retención de humedad y mayor fuerza de cohesión entre las partículas; sin embargo, la fracción limosa de estos suelos tiene gran potencialidad de obstrucción del medio poroso, con lo cual se limitaría la permeabilidad y se induciría la escorrentía superficial con el consecuente arrastre de sedimentos (Silva y Soares, 2013).

Por otra parte, las variaciones en la abundancia o la composición de la materia orgánica pueden tener efectos sobre los procesos y servicios de los ecosistemas, tales como la capacidad de intercambio catiónico, la estructura y la retención de humedad de los suelos y su capacidad de almacenar carbono en el suelo, por medio de la captación de la atmósfera e incorporación a los tejidos vegetales (Benites *et al.* 2010).

La materia orgánica del suelo es un factor estabilizador de la estructura del mismo, ya que ayuda a mantener las partículas minerales unidas frente a las fuerzas desestabilizadoras, como el humedecimiento e impacto de las gotas de lluvia (Lado *et al.* 2004). Se ha encontrado alta correlación entre el contenido de carbono orgánico del suelo y la agregación (Hermawan y Bomke, 1997), así como con la estabilidad de los agregados formados (Haynes *et al.* 1997), debido a la acción enlazante de las sustancias húmicas y otros productos generados por la actividad microbiana (Shepherd *et al.* 2001; Bronick y Lal, 2005).

El hecho de que la materia orgánica de estos tres grupos sea proveniente de la sedimentación, implica que la misma no está afianzada como para generar suficiente estabilidad en los agregados; observándose como la localidad de La Guanota tiene la condición menos favorable,

Cuadro 2. Propiedades físicas de suelos de grupos similares conformados por localidades del eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas.

Grupo	Localidades	N	Paisaje	Estadístico	Porosidad		Da (mg.m ⁻³)	Agregados		Materia Orgánica (%)	Arena (%)	Arcilla (%)
					Total (%)	Estadístico		Estables (%) 2-4 mm > 4 mm	Estadístico			
1	San Agustín	6	Depresión	Promedio	37,6	1,31	13,9	19,3	7,46	35,8	40,3	
				Desv. Est.	(± 7,2)	(± 0,11)	(± 4,1)	(± 8,8)	(± 1,40)	(± 21,8)	(± 16,3)	
				CV (%)	19,3	8,4	29,2	45,6	18,7	61,1	40,3	
2	La Guanota	20	Depresión	Promedio	44,6	1,31	0,14	0,23	7,42	39,3	28,8	
				Desv. Est.	(± 9,7)	(± 0,17)	(± 0,07)	(± 0,17)	(± 1,55)	(± 17,1)	(± 11,9)	
				CV (%)	21,6	13,4	49,1	72,9	20,9	43,5	41,4	
3	Altamira	17	Piedemonte	Promedio	50,2	1,20	10,7	39,4	6,43	54,4	21,7	
				Desv. Est.	(± 8,4)	(± 0,17)	(± 6,6)	(± 24,3)	(± 1,84)	(± 17,7)	(± 9,3)	
				CV (%)	16,7	13,9	61,6	61,6	28,7	32,6	42,8	
4	Corozal	10	Colina	Promedio	47,1	1,36	12,1	36,7	5,01	52,6	23,0	
				Desv. Est.	(± 5,7)	(± 0,13)	(± 5,1)	(± 22,9)	(± 1,24)	(± 9,2)	(± 9,4)	
				CV (%)	12,1	9,8	41,6	62,4	24,8	17,6	40,6	
5	Juasjuillar Culantrillal Barrio Colorado	69	Colina	Promedio	49,1	1,30	5,8	64,6	4,77	49,6	24,3	
				Desv. Est.	(± 6,5)	(± 0,19)	(± 4,7)	(± 23,0)	(± 1,72)	(± 14,6)	(± 10,1)	
				CV (%)	13,1	14,5	81,8	35,6	36,0	29,4	41,6	
6	Monagal Cinco Cruces	31	Colina escarpada	Promedio	43,7	1,34	4,2	62,8	4,43	57,1	18,3	
				Desv. Est.	(± 5,2)	(± 0,15)	(± 3,6)	(± 20,1)	(± 1,48)	(± 12,4)	(± 8,5)	
				CV (%)	11,9	11,0	86,3	31,9	33,4	21,8	46,5	

N: número de unidades de producción. CV: Coeficiente de variación. Da: Densidad aparente.

con menos de 1% de agregados mayores de 2 mm estables al agua, mientras que las localidades de San Agustín y Altamira tienen una condición intermedia, con 34,2 y 50,1%, respectivamente.

Similarmente, la presencia de partículas finas tiende a reflejarse en menor densidad aparente y mayor porosidad, situación que se cumple en la localidad de Altamira, con densidad aparente de 1,20 mg.m⁻³ y porosidad total de 50,2%; y discrepa con la localidad de San Agustín, que presenta densidad aparente de 1,31 mg.m⁻³ y porosidad total de 37,6%, lo que hace presumir problemas de compactación en dicho sector.

Cabe destacar que la localidad de La Guanota presenta el mayor porcentaje de limo (31,9%), lo cual confiere a los suelos alta susceptibilidad a la degradación estructural, como el sellado superficial y la compactación (Páez y Pla, 1992; Reyes, 2010). Álvarez *et al.* (2012) señalan que a medida que la fracción limo aumenta, se requieren mayores contenidos de carbono para mantener la estabilidad estructural del suelo.

Volverás y Amezquita (2009) encontraron que el uso intensivo del suelo por largos periodos generó pérdida de materia orgánica y cambios en la clase textural por disminución paulatina del porcentaje de arcilla y aumento del porcentaje de arena, como consecuencia del arrastre de las partículas finas debido a fases erosivas, lo cual afecta procesos y propiedades como la retención de humedad, distribución de poros y niveles de nutrimentos. Además, la pérdida de humus generó disminución en la agregación, en la porosidad, en la capacidad de infiltración, y aumentó la escorrentía y la erosión.

El grupo conformado por las localidades Culantrillal, Barrio Colorado y Juasjuillar, destaca por presentar la mayor estabilidad estructural, con 64,6% de agregados mayores de 4 mm estables al agua, a pesar de contar con un nivel medio de materia orgánica (4,77%) y de arcilla (24,3%). Dicha estabilidad estaría asociada a una materia orgánica humificada *in situ*, que le confiere alta estabilidad a los agregados. Una condición similar la presenta el grupo conformado por Monagal y Cinco Cruces, pero en este particular los suelos son más arenosos (57,1%) y presentan mayor densidad aparente (1,34 mg.m⁻³), por lo que se distinguen del grupo

anterior. Cabe destacar que estos dos últimos grupos, por su condición de paisajes colinosos, son susceptibles a procesos erosivos, con pérdida de partículas finas, como la materia orgánica poco degradada y los materiales arcillosos.

Consideración particular merecen las unidades de producción ubicadas alrededor de la localidad de Corozal, la cual fue separada en un grupo y presentó una condición intermedia a todos los grupos descritos anteriormente, con las siguientes características: materia orgánica media (5%), 23% de arcilla, 52,6% de arena, 48,8% de agregados mayores de 2 mm estables al agua, densidad aparente de 1,36 mg.m⁻³ y porosidad total de 47,1%. Dichas unidades están ubicadas en un paisaje colinoso de posición intermedia, con drenaje hacia la vertiente del estado Sucre.

Dec *et al.* (2008) señalan que los cambios estructurales afectan el volumen y el comportamiento del medio poroso del suelo, siendo más notables cuando se parte de niveles bajos de densidad aparente, y ocurren debido a fuerzas internas y externas, como el agrietamiento y la compactación, respectivamente. La agregación fue más intensa en suelos poco alterados, como bosques primarios y secundarios, a consecuencia de procesos sucesivos de humedecimiento y secado. Horn y Smucker (2005) sugieren que la agregación también depende de la intensidad y del tipo de actividad biológica y de los exudados orgánicos derivados de esta.

Es evidente que los procesos de humedecimiento y secado son distintos en una zona sometida a erosión (como es el caso de los grupos 4, 5 y 6) y una zona sometida a deposición de sedimentos (como es el caso de las localidades de Altamira, La Guanota y San Agustín). Además, se presume que los procesos de arrastre y deposición de sedimentos condicionaron la actividad biológica en las diferentes posiciones del paisaje característico de cada localidad, favoreciendo mayor estabilidad estructural en las zonas altas, donde prevalecería la materia orgánica estabilizada y serían erosionadas las partículas menos humificadas.

La erosión hídrica es un factor importante que contribuye a la disminución de productividad

y la sostenibilidad de los suelos agrícolas, ya que puede inducir su degradación. Varios autores han demostrado efectos adversos, tales como la pérdida de suelos y aguas, sobre la concentración de nutrimentos y la disminución del contenido de materia orgánica en diferentes sistemas de uso y manejo del suelo (Labriere *et al.* 2015; Serafim *et al.* 2013; Bronick y Lal, 2005; Lal, 1990;). Por lo tanto, la resistencia del suelo a la erosión representa una cualidad importante en cualquier sistema de producción.

Carvalho *et al.* (2007) destacan que en los sistemas de producción cafetalera donde se mantuvo la vegetación de cobertura, se obtuvo mayor eficacia en la protección del suelo, en relación a pérdidas de suelo y agua, comparándolo con los sistemas que tuvieron exposición del suelo. La reducción en el potencial de arrastre de sedimentos estuvo asociada a la barrera física que representó la cobertura vegetal en la reducción de la energía cinética del transporte de sedimentos, limitando el escurrimiento superficial y la ruptura de agregados.

Estrategias de manejo

Dada la importancia ecológica y económica, el eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar es prioritario en las estrategias de conservación local, debido al área agrícola que ocupa en la Serranía del Turimiquire, principal área proveedora de agua de la Región Oriental. El ambiente montañoso del municipio Caripe del estado Monagas ofrece lugares que constituyen un atractivo para la promoción de la industria turística y ecoturística. Las amenazas a la integridad de estos ambientes están representadas por la tala, la quema indiscriminada, la ampliación de la frontera agrícola, la ganadería mal manejada, la forestación con especies foráneas, la cacería ilegal y ciertas formas de turismo poco planificado.

Desde el punto de vista agrícola, la principal amenaza es la proliferación de sistemas de producción intensiva de hortalizas, que inducen el desplazamiento de las plantaciones de cafeto, provocan la disturbación del suelo y su exposición a los factores erosivos. Se hace necesario identificar las principales limitantes para transformar el sistema cafetero hacia una

producción sostenible y reducir los riesgos de cambio de uso de la tierra en la región.

Labriere *et al.* (2015) señalan que en la región tropical la erosión del suelo está concentrada espacial y temporalmente, asociada a la condición del relieve y a la agresividad climática, donde la presencia de diferentes doseles de vegetación son esenciales en la mitigación del proceso erosivo. Por su parte, Lobo *et al.* (2010) señalan que varias regiones de Venezuela presentan precipitaciones concentradas con una agresividad alta a muy alta, lo cual genera alta vulnerabilidad a la erosión.

Las propiedades físicas de los suelos del eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar son ideales para el desarrollo del cultivo, a pesar de que las condiciones de relieve podrían inducir procesos erosivos. Trabajos de Thomazini *et al.* (2013) señalan que la remoción de la cobertura del suelo, con la implantación del sistema de producción de café a cielo abierto, potenció la dispersión de las arcillas y la consecuente degradación de suelos tan sólo en un periodo de dos años.

En tal sentido, las prácticas de manejo de la región deberían orientarse a limitar los procesos erosivos, bien sea a través de la conservación o incremento de la cobertura vegetal o a través de prácticas que acorten la longitud de la pendiente en zonas de laderas, como el uso de barreras vivas y la construcción de canales de desviación del agua de escorrentía hacia áreas protegidas. Consideraciones especiales deben realizarse en las zonas de acumulación de sedimentos, ya que potencialmente podrían acarrear problemas de reducción de la porosidad y como resultado, limitada aireación de las raíces, lo cual ameritaría la construcción de drenajes.

CONCLUSIONES

Las zonas cafetaleras del municipio Caripe del estado Monagas fueron caracterizadas y agrupadas por medio de la evaluación de un número limitado de variables de suelos y el empleo de técnicas de análisis multivariado.

En el eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar las localidades fueron agrupadas en seis conglomerados, utilizando siete variables que explicaron el 95% de la variación en las

propiedades físicas de los suelos. Como criterios de agrupamiento predominaron las relaciones espaciales, la granulometría, la materia orgánica y la estabilidad estructural.

Las localidades ubicadas en zonas colinosas presentaron la mayor estabilidad estructural, condición que limita los procesos erosivos de la zona, mientras que las localidades de las zonas bajas mostraron los mayores niveles de materia orgánica y de arcilla, como producto de la acumulación de sedimentos.

Las estrategias de manejo deben orientarse a limitar los procesos erosivos mediante la conservación o incremento de la cobertura vegetal y de prácticas que acorten la longitud de la pendiente en zonas de laderas.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, MA. 2005. Estabilidade em análise de agrupamento (cluster analysis). Dissertação (Mestrado em Biometria) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil. 62 p.
- Alvarez, C; Fernández, P; Taboada, M. 2012. Relación de la inestabilidad estructural con el manejo y propiedades de los suelos de la región pampeana. *Cienc. Suelo*. 30(2):173-178.
- Araújo, F; Samuel-Rosa, A; Diniz, R. 2012. Variação das características pedológicas e classificação taxonômica de argissolos derivados de rochas sedimentares. *R. Bras. Ci. Solo*. 36:1-9.
- Barbosa, R; Rosas, M; Azevedo, J; Rosas, M; Alves, J. 2012. Qualidade física de latossolos amarelos sob Plantio direto na Região do Cerrado Piauiense. *R. Bras. Ci. Solo*. 36:1591-1600.
- Benites, V; Oliveira, R; Costa, H; Carvalho, F. 2010. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de Mata Atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. *Revista Árvore, Viçosa-MG*. 34(4):685-690.
- Blake, GR; Hartge, KH. 1965. Bulk density. *In: Methods of soil analysis, Part 1* (A. Klute, ed.), Agronomy N° 9. Madison, WI. Am. Soc. Agron. pp. 371-373.
- Bronick, C; Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*. 124:3-22.
- Cargnelutti, A; Dalfollo N; Padilha, R; Rodrigues J; Jost, E. 2008. Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. *Ciência Rural*. 38(8):2138-2145.
- Carvalho, R; Silva, MN; Avanzi, J; Curi, N; Silva F. 2007. Erosão hídrica em latossolo vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. *Ciênc. agrotec. Lavras*. 31(6):1679-1687.
- Carvalho, W., Schaefer E; Chagas C; Fernandes E. 2008. Análise multivariada de Argissolos da faixa atlântica brasileira. *R. Bras. Ci. Solo*. 32:2081-2090.
- Day, PR. 1965. Particle size fractionation and particle size analysis. *In: Methods of soil analysis, Part 1* (A. Klute, ed.), Agronomy N° 9. Madison, WI. Am. Soc. Agron. pp. 545-566.
- Dec, D; Dörner, J; Becker-Fazekas, O; Horn, R. 2008. Effect of bulk density on hydraulic properties of homogenized and structured soils. *R. C. Suelo Nutr. Veg*. 8(1):1-13.
- Delalibera, H; Weirich, P; Nagata, N. 2012. Management zones in agriculture according to the soil and landscape variables. *Eng. Agríc., Jaboticabal*. 32(6):1197-1204.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 98 p.
- Forsythe, W; Perumpral, JV; Francois-Haugrain, MO; Barbeau, G; Ramnanan, GN; Warnisley D; Cubillos, HE. 1975. Manual de laboratorio: Física de suelos (No. IICA-LME 25). IICA, San José (Costa Rica). 232 p.
- Haynes, R; Swift, R; Stephen, K. 1997. Influence of mixed cropping rotations (pasture-arable) on organic matter, water stable and clod porosity in a group of soils. *Soil Till. Res*. 19:77-81.

- Hermawan, B; Bomke, A. 1997. Effects of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation. *Soil Till. Res.* 44:109-120.
- Horn, R; Smucker, A. 2005. Structure formation and its consequences for gas and water transport in unsaturated arable and forest soils. *Soil & Till. Res.* 82:5-14.
- Jiang, P; Thelen, K. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a northcentral corn-soybean cropping system. *Agronomy Journal* 96:252-258.
- La Marca, F. y F. Silva. 2015. El Paisaje Cultural Andino en el Estado Mérida (Venezuela): Una Contribución Geográfica. *Geografía, Ensino & Pesquisa*. V. 19(N. Especial):69-79.
- Labriere, N; Locatelli, B; Laumonier, Y; Freycon, V; Bernoux, M. 2015. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 203:127-139.
- Lado, M; Paz, A; Ben-Hur, M. 2004. Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation and soil loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:935-942.
- Lal, R. 1990. Soil erosion in the tropics: principles and management. McGraw-Hill. New York. 580 p.
- Lobo, D; Cortez, A; Rodríguez, MF; Ovalles, F; Rey, JC; Gabriels, D; Parra, M. 2010. Análisis de la agresividad y concentración de las precipitaciones en Venezuela. I. Región de Los Llanos. *Bioagro* 22(3): 169-176.
- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 1997. Atlas del estado Monagas. Gobernación del estado Monagas. 99 p.
- Páez, ML; Pla Sentis, I. 1992. Evaluación de la eficiencia de índices de erodabilidad en suelos agrícolas en Venezuela. *Agronomía Tropical*. 42(1-2):27-40.
- Payé, H; Vargas; Bezerra, JS. 2012. Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos-traço em solos. *R. Bras. Ci. Solo.* 36:1031-1041.
- Pereira, S; Oliveira, G; Severiano, E; Balbino, L; Oliveira, J. 2010. Análise de componentes principais dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico típico sob pastagem e mata. *Global Sci. Technol.* 3:87-97.
- Pla, I. 1983. Metodologías para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Alcance N° 32. Universidad Central de Venezuela. 91 p.
- Reyes, W. 2010. Evaluación de la susceptibilidad a la compactación en cuatro series de suelo bajo uso agrícola en Venezuela. *Bioagro*. 22(1):29-36.
- Saatchi, S; Harris, N; Brown, S; Lefsky, M; Mitchard, T; Salas, W; Zutta, B; Buermann, W; Lewis, S; Hagen, S; Petrova, S; White, L; Silman, M; Morel, A. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108: 9899-9904.
- Serafim, M; Oliveira, G; De Lima, J; Silva, B; Zeviani, W; Lima, V. 2013. Disponibilidade hídrica e distinção de ambientes para cultivo de cafeeiros. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*. 17(4):362-370.
- Shepherd, T; Saggar, S; Newman, R; Ross, C; Dando, J. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fraction in New Zealand soils. *Aust. J. Soil Res.* 39:465-489.
- Silva-Acuña, R; Velásquez, L; Barrios, R. 2010. El *status quo* de la caficultura en Caripe – Monagas (en línea). Venezuela. Consultado 04 abr. 2016. Disponible en: www.calameo.com/books/00281388194c01508b3aa
- Silva, S; Soares, J. 2013. Atributos físicos do solo e sua relação espacial com a produtividade do café arábica. *Coffee Science, Lavras*. 8(4):395-403.
- Sneath, H; Sokal, R. 1973. Numerical taxonomy. San Francisco: Freeman. 573 p.

- Strassburg, B; Kelly, A; Balmford, A; Davies, R; Gibbs, H; Lovett, A; Miles, L; Orme, D; Price, J; Turner, R; Rodrigues, S. 2010. Global congruence of carbon storage and biodiversity in terrestrial ecosystems. *Conserv. Lett.* 3:98-105.
- Thomazini, A; Almeida, H; Leal, P; Mendonza, E. 2013. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo de café na região Sul do Espírito Santo. *Coffee Science, Lavras.* 8(4):450-459.
- Tropek, R; Sedlacek, O; Beck, J; Keil, P; Musilova, Z; Simova, I; Storch D. 2014. Comment on High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science.* 344-981 p.
- Venturini, O. 2007. Geografía de la Región de Los Andes Venezolanos, Cátedra de organización del espacio. Programa: Ambiente - Salud y Sociedad, mención Geografía/Cs de la Tierra. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 17 p.
- Volverás, B; Amézquita, E. 2009. Estabilidad estructural del suelo bajo diferentes sistemas y tiempo de uso en laderas andinas de Nariño, Colombia. *Acta Agron. (Palmira).* 58(1):35-39.
- Walkley, A; Black I. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.

Cambios en la agricultura de la zona maya de la península de Yucatán, México

Changes in the agriculture in the mayan zone of the Yucatan peninsula, in Mexico.

Héctor Cálix de Dios, María del Carmen Sánchez Bacab y Yaneli Clementina Canul Naal.

¹Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (UIMQROO), México. Correo electrónico: hector.calix@uimqroo.edu.mx

RESUMEN

En la zona maya del estado de Quintana Roo, México, se han encontrado indicios de sustitución de las prácticas agrícolas tradicionales por actividades de agricultura convencional. Con la finalidad de conocer los factores que determinaron dicho cambio, se realizó un estudio en el ámbito familiar y productivo, de seis comunidades seleccionadas de acuerdo al siguiente criterio: a) con alto predominio a la agricultura tradicional; b) en transición de agricultura tradicional hacia agricultura convencional; y c) con alto predominio a la agricultura convencional. Se utilizó la metodología de investigación-acción-participativa y se enfatizó en aspectos sociales, culturales y agroecológicos. Las comunidades con alto predominio a la agricultura tradicional, se caracterizaron por llevar a cabo la práctica ancestral de preparación de milpas (roza, tumba, quema); celebración de ceremonias mágico religiosas con fines agrícolas, y aplicación de conocimientos sobre “cabañuelas” y fases de la luna. Las comunidades en transición, se caracterizaron por poseer milpas, conservan algunas ceremonias de agricultura tradicional, poca dedicación a la ganadería bovina, producción tecnificada de papaya y plátano; y sistema de riego en algunas áreas. Las comunidades con alto predominio a la agricultura convencional, se caracterizaron por dedicar grandes extensiones de terreno a la producción de sorgo, maíz y ganado bovino; y, aunque existen huertos familiares, no se realizan ceremonias tradicionales. El cambio de modelo agrícola parece estar relacionado con los períodos inestables de lluvia, inaccesibilidad a créditos, falta de apoyo gubernamental a los sistemas tradicionales de producción y alto impulso estatal para la producción de monocultivos y ganadería intensiva.

Palabras clave: agricultura tradicional, huertos familiares, rituales agrícolas, ceremonias agrícolas, agricultura convencional.

ABSTRACT

In the maya area of the state of Quintana Roo, Mexico, evidence has been found of replacing traditional agricultural practices with conventional agricultural activities. In order to know the factors that determined this change, a study was carried out in the family and productive area of six communities selected according to the following criteria: a) with a high predominance of traditional agriculture; b) in transition from traditional agriculture to conventional agriculture; and c) with a high predominance in conventional agriculture. The research-action-participatory methodology was used and emphasis was placed on social, cultural and agro-ecological aspects. The communities with a high predominance of traditional agriculture, were characterized by carrying out ancestral practice of preparation of milpas (slash, grave, burning), celebration of magic religious ceremonies for agricultural purposes, and application of knowledge about “cabañuelas” and moon phases. Transitional communities, characterized by owning cornfields, preserve some ceremonies of traditional agriculture, little dedication to cattle, technical production of papaya and banana; and irrigation system in some areas. The communities with a high predominance of conventional agriculture, were characterized by dedicating large areas of land to the production of sorghum, corn and cattle; and, although there are family gardens, there are no traditional ceremonies. The change of agricultural model seems to be related to the unstable periods of rain, inaccessibility to credits, lack of government support to traditional production systems and high state impulse for the production of monocultures and intensive livestock.

Key words: traditional agriculture, family gardens, agricultural rituals, agricultural ceremonies, conventional agriculture.

Recibido: 11/05/16 Aprobado: 22/12/16

INTRODUCCIÓN

Los productos de la agricultura campesina en la zona Maya de México, proveen de alimentación al núcleo familiar; las fuentes principales de alimentos proceden de sus áreas de cultivo: huertos familiares, parcelas y milpas. Los campesinos Mayas conservan dichos alimentos para sostenerse durante las temporadas de escasez, y para sembrar en el siguiente ciclo.

Existe una producción diversa que se concentra en el cultivo de maíz [*Zea mays* L.], calabaza [*Cucurbita moschata* (Duchesne ex Lam.) Britt.], chile [*Capsicum* spp.], frijoles [*Phaseolus vulgaris* L.; *P. lunatus* L.; *Vigna unguiculata* (L.) Walp.], frutales y cría de aves. Algunos autores reportan que más del 20% de la alimentación familiar en las zonas rurales se produce en los huertos familiares, de donde además, obtienen remedios, condimentos, materiales de construcción, y plantas ornamentales (Meléndez, 1996; y Chi Quej, 2009).

En las últimas décadas se ha observado un proceso de descampesinización que forma parte de la inserción del capitalismo en los sistemas agroalimentarios mundiales, promoviendo modelos que no benefician a los campesinos y productores en pequeña escala, degradan el medio ambiente, desmantelan el mercado interno y están orientados a la agroexportación y la agroindustria (Mayet, 2016).

En las zonas tropicales indígenas, el proceso de adopción de nuevas tecnologías, forma un gradiente de transculturización en los campesinos, que va desde la zona de agricultura tradicional (baja transculturización), hasta la zona de agricultura mecanizada (alta transculturización).

En la zona maya de la península de Yucatán, la agricultura tradicional se ha practicado mayormente como base para la subsistencia, pero esa tendencia ha cambiado en algunos campesinos que buscan no solo garantizar su autoconsumo, sino también aumentar ingresos familiares que les proporciona mayor calidad de vida. En ese proceso, aceptan la introducción de nuevas técnicas y semillas mejoradas por lo cual abandonan el germoplasma autóctono y los métodos agrícolas tradicionales que han adquirido de generación en generación.

Con la finalidad de inferir el grado de resiliencia de la región maya de la península de Yucatán ante el avance de la agricultura convencional y la ganadería; se realizó ésta investigación para analizar los cambios en la dinámica agrícola desde la confrontación entre la adopción de nuevas técnicas y la conservación de métodos tradicionales.

Se establecieron como objetivos específicos: a) identificar los factores que han determinado los cambios de agricultura tradicional a agricultura mecanizada, b) conocer las relaciones de la agricultura tradicional con otras actividades productivas y c) contribuir al estudio y explicación del conocimiento agrícola tradicional que aún se conserva en la zona maya.

METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó en las comunidades Bulukax, Santa Gertrudis, Poolyuk, Chunhuhub, Emiliano Zapata, y Vallehermoso, en la zona maya del estado de Quintana Roo, en el sureste de México. El sitio se encuentra entre los 19°00' y 20°00' de latitud norte, y los 89°00' y 89°30' de longitud oeste (Figura 1).

Es una región con varios tipos de suelos que los campesinos adaptan según la diversidad de cultivos requeridos; por ejemplo en las comunidades con agricultura más tecnificada, la mayoría son Gleysoles (*ak'alche*, en la clasificación maya); donde se cultiva sorgo (*Sorghum vulgare*), y se produce ganado bovino; en las comunidades de agricultura en transición y también en las de agricultura tradicional, son Luvisoles (*káankab*) y Rendzinas (*box lu'um*), adaptados para las milpas tradicionales y la citricultura (Duch, 2005).

El clima predominante es cálido, sub-húmedo con lluvias en verano; con temperatura máxima de 34°C y mínima de 12°C. La vegetación es de selva mediana, aunque también hay "guamiles" o "acahuales" (vegetación secundaria), en proceso de regeneración, o trabajados en la agricultura temporal que muchas veces se abandona o se deja descansar debido a su bajo rendimiento; y por último, hay "quemadales", que son áreas quemadas, utilizadas para fines agrícolas, con especies maderables, como cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), piich (*Enterolobium cyclocarpum*),

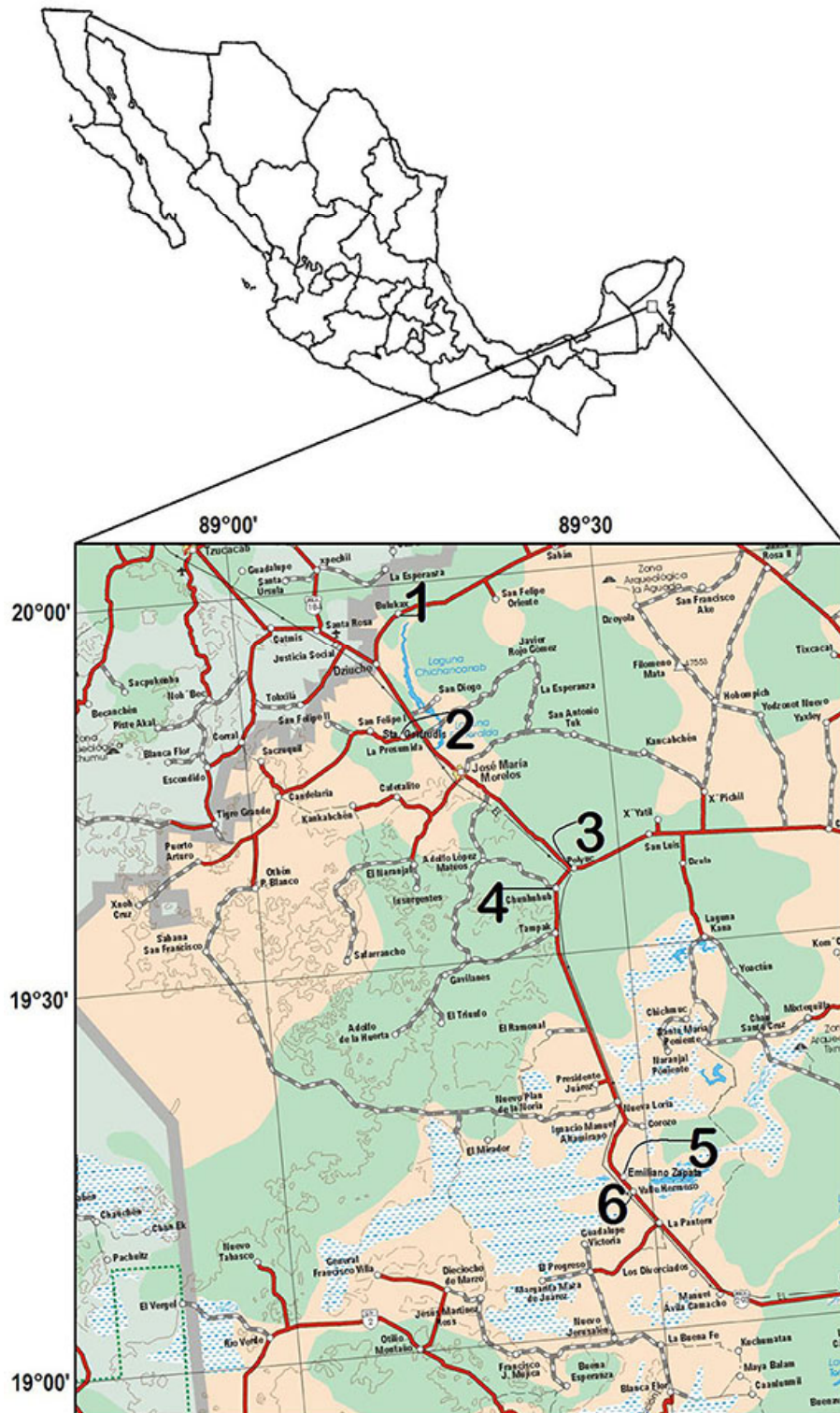


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, en la zona maya de la península de Yucatán, en México. Las comunidades se señalan en el mapa: 1: Bulukax; 2: Santa Gertrudis; 3: Poolyuk; 4: Chunhuhub; 5: Emiliano Zapata; y 6: Vallehermoso.

chechém (*Metopium brownei*), ciricote (*Cordia dodecandra*), chakte' (*Caesalpinia violacea*), jabín (*Piscidia piscipula*) y ceiba (*Ceiba pentandra*).

Sobre la base de monitoreos previos que hicieron suponer que en la zona maya se sustituye la agricultura tradicional y se adoptan prácticas productivas de agricultura convencional (ganadería y monocultivos); se identificaron los factores que determinan este cambio. Se establecieron métodos de observación y documentación para conocer los elementos que determinan la pérdida de la agricultura tradicional y describir los factores ambientales, sociales y económicos que favorecen la adopción de la agricultura convencional. De igual manera se empleó el método de investigación acción participativa, dado que permite un mejor acercamiento con las personas de las comunidades.

Para seleccionar a las comunidades en estudio, se realizó un análisis preliminar en toda la zona maya de Quintana Roo. Se visitaron 27 comunidades y fueron elegidas seis de ellas: Bulukax, Santa Gertrudis, Poolyuk, Chunhuhub, Emiliano Zapata, y Vallehermoso (Figura 1). La elección de cada comunidad se realizó de acuerdo al siguiente criterio: a) con alto predominio a la agricultura tradicional; b) en transición de agricultura tradicional hacia agricultura convencional; y c) con alto predominio a la agricultura convencional.

Las entrevistas estructuradas fueron aplicadas a 58 personas: campesinos, productores, técnicos, delegados municipales, comisariados, amas de casa, ganaderos, horticultores, milperos, personas implicadas en producción secundaria (queseros, tenderos, tractoristas) y a las personas que manejan datos en oficinas municipales, estatales y federales. Una vez recogida la información, fue sistematizada y se realizó la triangulación con base a la observación de los investigadores participantes, las fuentes bibliográficas pertinentes, información existente en los archivos ejidales y de autoridades oficiales. Posteriormente se realizó la interpretación y discusión de los resultados.

El criterio de interacción principal consistió en establecer relaciones de confianza con los campesinos y los informantes clave (comisarios ejidales, amas de casa, representantes legales

en la comunidad, encargados de programas de asistencia social, y funcionarios de los programas de desarrollo en las comunidades). Se hizo énfasis en la observación del cambio de uso de la tierra; identificar comunidades de referencia para conocer etapas, direcciones y características del proceso de producción agrícola y el grado de conservación o cambio en localidades de larga historia en agricultura tradicional.

El Cuadro 1 describe las variables para seleccionar a las comunidades de éste estudio: a) comunidades con un grado importante de conservación de agricultura tradicional (agricultura de temporal, mínima inyección de insumos externos, uso y cuidado de semillas "criollas", organización predominantemente local, presencia de rituales y mitos ligados a la producción agrícola, producción para autoconsumo); b) comunidades en proceso de transición de agricultura tradicional a convencional; y c) comunidades con características claras de agricultura convencional (uso de maquinaria agrícola, infraestructura de riego, cultivo de grandes extensiones, alta inyección de insumos externos, semilla mejorada, apoyos gubernamentales; y producción para venta al exterior).

Con base en la información estadística y los recorridos preliminares de campo, se escogieron seis comunidades, que representan: a) las zonas conservadas, es decir, con agricultura tradicional ("Bulukax", "Santa Gertrudis" y "Poolyuk"); b) la zona en transición ("Chunhuhub"); y c) las zonas con agricultura convencional ("Vallehermoso" y "Emiliano Zapata").

Las variables estudiadas en cada comunidad fueron: a) aspectos productivos (especies, rendimientos, modalidad de producción); b) aspectos sociales (autoconsumo, venta, intercambio); c) aspectos culturales (rituales, costumbres, tradiciones); y d) aspectos económicos (diversidad de actividades, relaciones mercantiles, apoyos externos).

Las encuestas fueron aplicadas a los productores con edades comprendidas entre 30 y 50 años, por considerarse el rango de edad más productivo del campesino. En este sentido se realizaron visitas a los hogares de cada productor, siendo

Cuadro 1. Características de las comunidades en las que se realizó la investigación.

CARACTERÍSTICAS									
COMUNIDADES	Año de fundación	Extensión (ha)	Terreno mecanizado (ha)	Tenencia de la tierra	Número de ejidatarios	Ha/ ejidatario	Origen de pobladores	Actividades principales	
Vallehermoso	1964	10600	500	Comunal	170	60	Michoacán, Jalisco, Veracruz, Guanajuato, Coahuila	Ganado bovino; cultivo de sorgo	
E. Zapata	1975	5840	550	Ejidal	115	50	Guanajuato	Ganadería; cultivo del sorgo; explotación forestal	
Chunhuhub	1840	15180	50	Comunal	333	46	Local (península de Yucatán)	Papaya, milpas, plátano	
Polyuk	1956	4984	<20	Ejidal	128	20	Local (península de Yucatán)	Milpas, forestal, ganadería, horticultura	
Bulukax	1951	3755	<5	Ejidal	108	25-30	Local (península de Yucatán)	Milpas	
Santa Gertrudis	1961	3485	<10	Ejidal	130	20	Local (península de Yucatán)	Milpas, y cultivos de cítricos	

verificado el sistema de producción utilizado (huertos familiares, parcelas y milpas) y el entorno de sus actividades productivas.

Por otra parte se realizaron entrevistas en las oficinas de las instituciones como: Centro de Salud, Sistema Estatal de Salud (SESA), la Casa Ejidal de cada comunidad, la Delegación del Sistema de Identificación Individual del Ganado (SINIIGA), Asociaciones Ganaderas Regionales; la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural (SEDARU), el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), y las bibliotecas de la región.

RESULTADOS Y HALLAZGOS

El diagnóstico inicial permitió conocer la existencia de comunidades con sistemas de agricultura tradicional conservada, sistemas agrícolas mecanizados o modernos. Se encontraron zonas donde se practica la agricultura en monocultivos (sorgo, maíz, frijol), prevalece la producción ganadera semi-extensiva; y áreas donde aún conservan la agricultura tradicional; se cultiva en huertos familiares y existen policultivos dentro de sus milpas y parcelas.

Los cambios de uso del suelo no sólo afectan a la fisiografía, el abandono de las áreas agrícolas y la desaparición de sus paisajes erosionan también el conocimiento agrícola tradicional y sus valores culturales (Frattaroli *et al.* 2014).

El conocer, describir y trazar el sentido de éste gradiente, de agricultura tradicional a agricultura convencional, puede servir para: a) buscar formas de preservar y fomentar las prácticas agrícolas tradicionales y la organización social y cultural ligada a ellas; b) proponer instrumentos que ayuden a la conversión inversa (Gliessman, 2002) de agricultura convencional a agroecología; y c) buscar los elementos que ayuden a diversificar la producción a lo largo del gradiente mencionado.

El conocimiento ecológico tradicional es vital para la sostenibilidad de los recursos naturales y los agroecosistemas; y eso implica conocer las especies locales, los fenómenos ambientales, las creencias y prácticas de actividades relacionadas

con el uso de los recursos naturales, y el manejo del suelo (Immanuel *et al.* 2010).

En los sistemas agrícolas tradicionales, generalmente, el manejo de los suelos puede llevarse a cabo exitosamente en muchos tipos de terreno, incluso en aquellos suelos pobres, mal drenados o con lluvias erráticas, lo que lleva a los campesinos a un sistema refinado de clasificación de suelos (Marten y Vityakon, 1986).

En las comunidades estudiadas, las actividades productivas se adaptan a las condiciones ambientales y sociales de la región; en el norte de la zona de estudio, hay comunidades con más producción agrícola tradicional debido a que la gente es originaria de la región maya y la tierra es más apta para ello, con una diversidad de suelos desde rojos, luvisoles (*káankab*) hasta negros pedregosos, rendzinas (*box luum*). La zona sur está dedicada a la producción de sorgo, maíz y producción pecuaria, con terrenos muy compactos, gleysoles (*ak'alche*).

Según Hernández-Xolocotzi (1988), estos gleysoles son útiles en las prácticas agrícolas desde la época colonial, y en las últimas décadas se han acondicionado para la agricultura mecanizada; generando un amplio vocabulario edafológico maya, que distingue el grado de rocosidad, la ubicación microtopográfica, el color y los componentes. De acuerdo a Bautista *et al.* (2005) las clasificaciones campesinas de suelos en la zona maya, relacionan la vegetación con el terreno y con su potencial agrícola.

Gilles *et al.* (2013) mencionan que una consecuencia natural del desarrollo de las nuevas tecnologías agrícolas es la erosión de la agricultura tradicional, proceso que durante muchos años no se percibió como problema, pero recientemente, se ha considerado un criterio modificado, al observar la alta relación entre la sostenibilidad de la agricultura y la producción de petróleo.

El interés por el conocimiento agrícola tradicional ha aumentado porque los sistemas agrícolas tradicionales parecen ser más sostenibles que los convencionales o modernos; de hecho, muchas prácticas de la agricultura moderna, en realidad son adaptaciones de las prácticas agrícolas tradicionales (agricultura orgánica, rotación de cultivos, ganado alimentado con

pasto, uso variedades de cultivos tradicionales, entre otros).

Las comunidades con agricultura convencional dedican grandes extensiones de terreno al sorgo (Figura 2) y maíz, además poseen alta producción de ganado bovino, aunque algunos productores tienen huertos familiares, tanto para el autoconsumo como para la venta local. Allí habitan personas de otros estados de la república mexicana que han llegado en busca de tierras fértiles.

Cabe destacar que esos agricultores convencionales no consideran necesarios ni productivos, los rituales ligados a la tierra (no forman parte de su cultura); y están más interesados en el bienestar económico que en la conservación de recursos naturales. En las encuestas declaran que las “mejores tierras” son utilizadas para los monocultivos y la ganadería, dejando las tierras de menor fertilidad a las pocas

personas que practican agricultura tradicional (roza, tumba y quema, eso sí, sin rituales).

En el área considerada como comunidades en transición, aunque tiene algunos componentes de agricultura tradicional, como milpas y ceremonias, también poseen cría de ganado (moderada); producen para comercializar papaya (*Carica papaya*) variedad “maradol”, para comercializar (Figura 3), muy importante y tecnificada (aproximadamente 20 ha), con semillas procedentes de Cuba, y cuya cosecha venden en la zona turística de Cancún, Playa del Carmen, y Tulum (estado de Quintana Roo). Adquieren los productos para el cuidado de los cultivos en Tekax y Mérida (estado de Yucatán), y ciudad de Campeche (capital del estado de Campeche).

Producen plátano (*Musa spp.*), que venden en las zonas antes mencionada; y además, poseen siete unidades de riego, con pozos de abastecimiento; donde cultivan maíz, frijol, calabaza, sandía,



Figura 2. Terreno con agricultura convencional en la comunidad de Vallehermoso, con sorgo en monocultivo.



Figura 3. Plantación de papaya “maradol” en la zona de agricultura intermedia, del sitio de estudio.

melón, chile habanero y tomate, en grandes extensiones, como monocultivos, y en cualquier época del año, hacia una agricultura tecnificada.

Hernández-Xolocotzi (1988), señala que por un lado está la agricultura tradicional, con una cosmovisión que incluye aspectos físicos y metafísicos; y por otro, una agricultura tecnificada, ligada a una cosmovisión materialista. Ésta dicotomía se ha acentuado en México, debido al desarrollo socioeconómico desigual.

La diversidad de sistemas agrícolas en la península de Yucatán, data de los siglos XVIII y XIX, donde la mayor parte de la economía, descansó en la producción de madera, explotación de chicozapote (*Manilkara sapota*), para chicle; y de henequén (*Agave sisalana*) para textiles. Sin embargo, con la desaparición de esos productos, en el siglo XX, resurgieron la milpa y la producción de miel; pero las dificultades que tuvo el campesino en la producción milpera de la Península, lo volvieron a incentivar en la búsqueda de otras opciones agrícola (Valladares y Duch 1982).

En las comunidades con agricultura tradicional, están “Polyuk”, “Santa Gertrudis” y “Bulukax” (siendo esta última la más “conservadora”). En ésta localidad el proceso de preparación de las milpas tradicionales son roza-tumba-quema (Figura 4) que incluye las ceremonias agrícolas, aunque se percibe una disminución en los

rituales, debido a factores como: la ampliación de la brecha generacional; el cambio de actividades productivas; la falta de recursos económicos; y la disminución de las áreas de cultivo.

Hirose (2003), encontró también ésta erosión cultural en otras partes de la zona maya de Yucatán. Detectó comunidades interesadas en seguir conservando esos conocimientos, aunque se han inclinado a otras actividades productivas como la ganadería incipiente y algunas áreas con monocultivos (aduciendo la falta de mejores ingresos). Son familias de origen maya, y conservan intactas actividades tradicionales como la apicultura de meliponas (sin aguijón) y los huertos familiares; aunque en temporadas de baja cosecha, buscan otras fuentes de trabajo dentro o fuera de la comunidad.

El fenómeno descrito anteriormente fue observado por Herath *et al.* (2013), quienes en el sudeste asiático encontraron que a pesar de que identificaron una tierra con paisajes agrícolas tradicionales que han resistido la variabilidad climática y los cambios sociales durante más de mil años, su sostenibilidad se debe a un alto grado de resiliencia generada por la gestión integrada de los recursos, mantenimiento de ciclos de materiales, soporte de servicios sociales, gestión de conservación de ecosistemas, entre otros. Los sistemas agrícolas modernos son altamente productivos y eficientes, pero son vulnerables a cambios en el clima y los mercados.



Figura 4. Proceso de roza-tumba-quema (R-T-Q), para milpas, en la zona de agricultura tradicional del sitio de estudio.

El proceso de trabajo que se lleva a cabo en la agricultura tradicional de la zona Maya, incluye: a) selección del terreno; b) “brechado” (caminos de acceso y delimitación de 1 a 1,5m de ancho); c) “roza” (corte de la vegetación baja para determinar el área a utilizar); d) “tumba” (talado de árboles grandes que en la “roza” no se pudieron cortar); e) “quema” (incendio controlado donde se queman todos los residuos de la “roza” y “tumba”); f) siembra (entre mayo y junio); y g) cosecha.

En todo el proceso, los campesinos practican las ceremonias mencionadas.

Esto refleja lo que mencionan Morton (2007) y Toledo (2008), quienes establecen que las comunidades indígenas de agricultura tradicional en el mundo, custodian la agrobiodiversidad, dentro de sus zonas de cultivo, a través de sus modalidades tradicionales de manejo de recursos, incluyendo sus ritos y costumbres.

Las comunidades indígenas poseen costumbres que le confieren gran resiliencia. Sin embargo son influidas por factores externos que provienen del modelo globalizador, tales como el incremento poblacional, cambios e incertidumbres en la forma de tenencia de la tierra, degradación ambiental, falta de redes de mercado, proteccionismo, políticas federales inadecuadas y cambio climático.

El cambio climático podría afectar gravemente el rendimiento de los cultivos y por tanto, la seguridad alimentaria. En el ámbito global, aproximadamente 370 millones de personas viven en áreas pobres en recursos, altamente heterogéneas y propensas al riesgo (Altieri y Nichols 2013).

El proceso que se lleva a cabo en las comunidades con agricultura convencional son: a) limpieza del terreno (con maquinaria ligera), b) roturación y aireación del suelo (con

maquinaria pesada); c) siembra (generalmente con maquinaria); limpieza del terreno (para quitar malezas y otros competidores que afecten al cultivo principal), realizada con maquinaria o con herramientas agrícolas; d) aplicación de pesticidas y fertilizantes (con equipo agrícola); riego (con maquinaria y equipo); y e) cosecha (generalmente con maquinaria mediana). En estos casos, nunca hay ceremonias agrícolas, solamente se llevan a cabo reuniones con representantes de gobierno o con las empresas que comprarán el producto, lo que evidencia cambios en el sistema productivo.

Marten (1986), comenta un proceso similar en la agricultura tradicional del sudeste asiático, entre los años 1970 y 1990, durante los cuales se generaron marcados cambios debido al crecimiento poblacional, la reducción de las hectáreas por persona, la expansión de los mercados agrícolas, las oportunidades de consumo y la introducción de nuevas tecnologías.

En las comunidades en transición, existen áreas de terreno en las que desarrollan procesos típicos de agricultura tradicional y zonas donde se llevan a cabo procesos de agricultura convencional, aunque con bajo nivel de tecnificación. Se observa maquinaria y equipos básicos, mientras que en las comunidades de agricultura convencional, los tractores y los sistemas de riego son de mayor complejidad técnica.

Al respecto, Hernández-Xolocotzi (1988), señala que la penetración del capitalismo, ha acentuando la desigualdad social y tecnológica entre agricultores tradicionales y agricultores convencionales. Kusz (2014), indica que la modernización de la agricultura es un proceso de transformación de agricultura tradicional a agricultura tecnificada.

Comunidades en transición

En la zona Maya de Yucatán, los cambios que se observaron en las zonas de transición se describen a continuación: a) debido a los “bajos rendimientos agrícolas”, los campesinos “jóvenes” (15 a 30 años) dejan la agricultura en busca de empleo en las zonas turísticas cercanas del estado de Quintana Roo (Cancún, Playa del Carmen, y Tulum), y abandonan sus parcelas o las encargan a familiares; b) los

jóvenes se forman académicamente como una forma de “prepararse para huir del campo”, de tal manera que solo los “viejos” se quedan a cargo de las parcelas, y consecuentemente éstas se abandonan; y c) las dinámicas de emigración, educación y transculturalidad, también afectan el lenguaje tradicional, específicamente el utilizado en las ceremonias agrícolas. Situación que rompe el eslabón entre el conocimiento de los viejos sacerdotes mayas (*j-meen oob*) y su transmisión a los jóvenes.

Alston y Pardey (2017), indican que la transformación de la agricultura mundial durante el último medio siglo ha implicado cambios en su estructura y su papel en la economía, y aunque son variaciones que en ciertas oportunidades han contribuido a crear crecimiento económico más amplio y a reducir la pobreza, se evidencian efectos ambientales adversos como la contaminación de suelos y aguas.

Comunidades con agricultura convencional

En las comunidades con agricultura convencional, se destacan los siguientes aspectos: a) la inmigración introduce nuevas formas de producción, monocultivos y alta dependencia de insumos externos; b) se sustituyen los cultivos locales de germoplasma nativo (maíz, frijol, calabaza) por cultivos con mayor valor económico demandados para el comercio exterior (como sorgo y papaya) y se cambia la dieta del campesino maya; mientras que en el sistema de producción tradicional (como la milpa), se utiliza diversidad de especies y sus variedades, a favor de conservar los recursos fitogenéticos locales; c) la siembra en monocultivo, incrementa la susceptibilidad a enfermedades, el uso de agroquímicos sintéticos, daños al ambiente, salinización de los suelos, deforestación de zonas aledañas, e incremento de la erosión.

Para los suelos *ak'alché* y *káankab*, que son profundos, planos y sin piedras, se realiza d) el arado y todo el ciclo productivo (incluso la cosecha) con maquinaria; mientras que en la zona de agricultura tradicional; en los *káankab*, rojos, o los *box lu'um*, negros, y pedregosos, se cultivan las milpas con calabaza y frijol, con el método tradicional y con ceremonias agrícolas; e) los productores consideran que mientras exista agua para riego, la producción (para

comercialización externa) se asegura; pero en las zonas de agricultura tradicional, en las milpas de temporal, si las lluvias no llegan a tiempo, hay baja producción, y se destina al autoconsumo; f) El apoyo económico del gobierno (sistemas de riego, maquinaria pesada, asistencia técnica, paquetes tecnológicos con agroquímicos y semillas híbrida), estimulan el abandono de la agricultura de temporal (los campesinos de sistemas tradicionales se ven amenazados constantemente por la dinámica del mercado interno).

Algelsen y Kaimowitz (2014), señalan que las nuevas tecnologías son más propensas a fomentar la deforestación masiva cuando involucran productos con demanda creciente, suministro progresivo de mano de obra e introducción de nuevos cultivos. Los campesinos tienen limitaciones laborales, y prefieren adoptar las nuevas tecnologías que les ahorran trabajo.

Comunidades con agricultura tradicional conservada

Las comunidades con agricultura tradicional conservada se caracterizan por: a) el campesino, a pesar de realizar la roza-tumba-quema, modificando su entorno para producir sus alimentos, deja los terrenos después de tres años, para que “el monte” (la selva) se regenere de forma natural; b) una de las características más importantes que definen el proceso de construcción de conocimiento del campesino, es el hecho de que aprende simultáneamente varios oficios, de tal manera que cuando estos campesinos tradicionales no obtienen lo necesario en sus parcelas de producción o cuando no es temporada de cosecha, cambian a otros oficios como albañiles, carpinteros, cazadores, carniceros, entre otros, y con ello complementan sus ingresos.

c) Los rituales agrícolas (Figura 5) se llevan a cabo siempre en la zona de agricultura conservada; poco en el área de agricultura en transición; y nunca en la zona de agricultura mecanizada. Todavía se practican ceremonias agrícolas en “Chunhuhub”, “Polyuc”, “Santa Gertrudis” y “Bulukax”; y probablemente la razón de la conservación de estas ceremonias, se basa en el hecho de que hay más pobladores oriundos de la zona maya de la península de Yucatán (Cuadro 2).

En las áreas tradicionales y en transición, los efectos de la urbanización y la transculturación, han incidido negativamente en la conservación de las ceremonias, lo cual coincide con lo encontrado por Lugo y Tzuc (2001) en otras comunidades del área bajo estudio.

En Vallehermoso y Emiliano Zapata (zonas de agricultura mecanizada), con pobladores del centro y norte de la república mexicana, con muy poca práctica de roza, tumba y quema, las ceremonias agrícolas no existen. Las ceremonias agrícolas, forman parte integral del ciclo de producción de comunidades tradicionales, y para los campesinos mayas, los rituales son tan importantes como sembrar (Márquez, 2006).

Celebraciones agrícolas o rituales

Los rituales ligados a la agricultura que se encontraron en la presente investigación son:

Ofrecimiento del saka’. El saka’ es una bebida elaborada a base de maíz; y el ritual lo llevan a cabo los propios agricultores en sus casas o en sus campos de cultivo; el saka’ es ofrecido a los *yumilek’aaxo’ob* (dueños del monte) antes de la “tumba” y “quema” del monte; al cosechar y mover un apiario, o cuando el maíz empieza a espigar; esto coincide con lo descrito por Hirose (2003).

El cha’achak. Este ritual se realiza con la ayuda del *J-meen* (sacerdote maya), para retribuir a los dioses mediante ofrendas y “sacrificios” (a base de pavo, los *tutiwah* “comida de milpa” y la bebida de saka’).

El jetz’lu’um (curación del solar). Las plantas y los alimentos usados en los rituales, se seleccionan con base en los elementos simbólicos específicos que están asociados con ellas (Morehart, 2001).

Mariaca (2003) señala que los rituales pueden considerarse mágico-religiosos porque tienen aspectos sagrados eclesiales y populares no adscritos a religión alguna. Por su naturaleza, estas prácticas y creencias mágico-religiosas, pueden dividirse en las que se realizan a través de un ritual establecido y las que no requieren de él; de tal modo que las ceremonias asociadas a la milpa, suelen ser de solicitud, súplica y agradecimiento (Hernández-Xolocotzi, 1985).

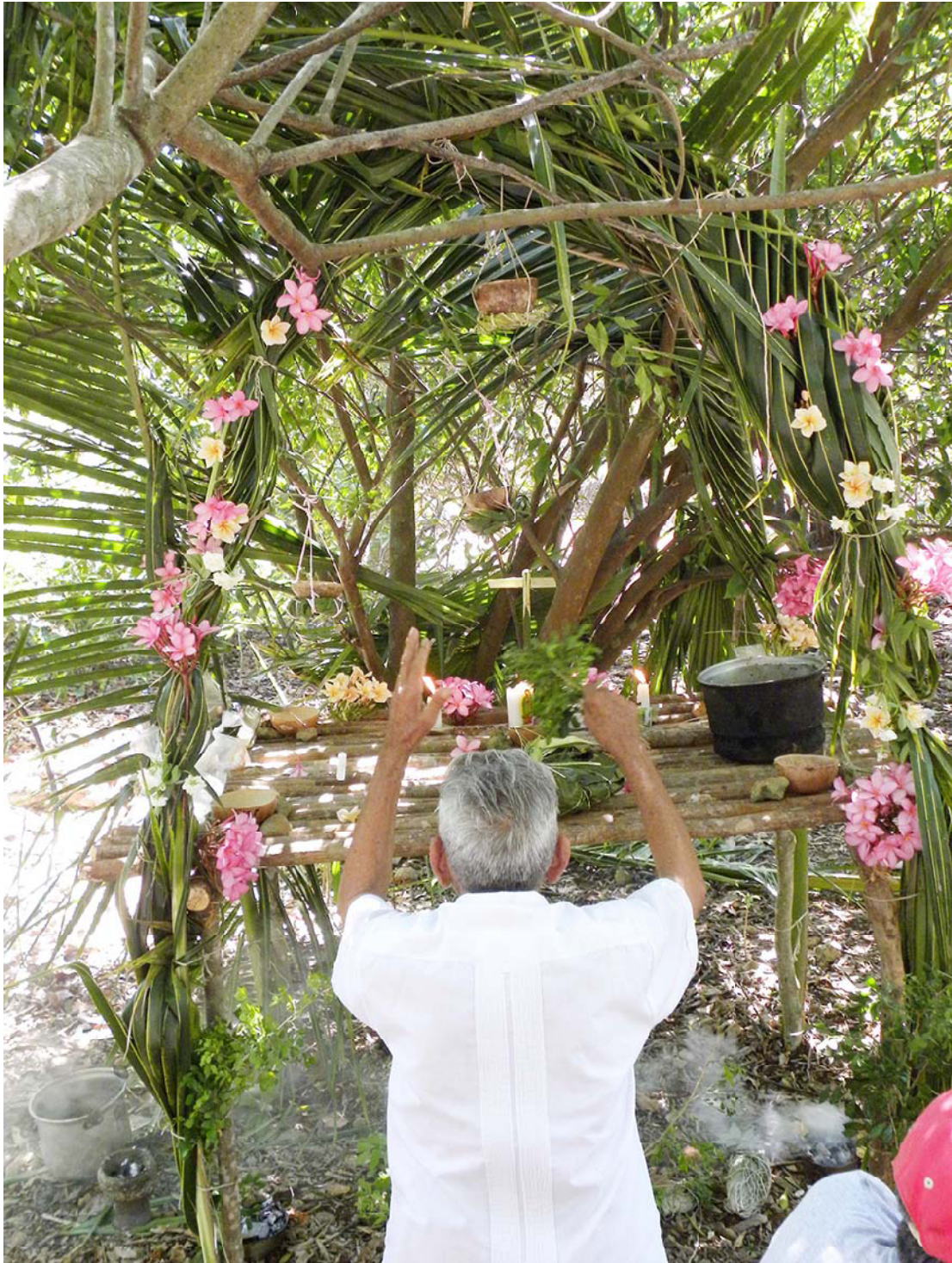


Figura 5. Realización de la ceremonia del *cha'a chak*, en la zona de agricultura tradicional del sitio de estudio.

Cuadro 2. Factores que afectan la agricultura tradicional y que generan el cambio a agricultura mecanizada.

FACTORES	COMPONENTE	AGRIC. TRADICIONAL	AGRIC. INTERMEDIA	AGRIC. MECANIZADA
Sociales	Emigración	Baja	Mediana	Alta
	Educación	Baja	Mediana	Alta
	Lenguaje	Autóctono (Maya)	Español o Maya	Español
	Religión	Católicos	Católicos y Protestantes (50%)	Mayormente Protestantes
	Ceremonias agrícola	Presentes siempre	Raramente presentes	Ausentes
	Mano de obra en campo	Siempre	Frecuentemente	Raramente
	Sacerdotes mayas	Siempre	A veces	Nunca
Agronómicos	Monocultivos	Nunca	A veces	Siempre
	Policultivos	Siempre	A veces	Nunca
	Pérdida de semillas nativas	Nunca	Frecuentemente	Siempre
	Problemas fitosanitarios	Pocos	A veces	Siempre
	Uso de agroquímicos	Casi nunca	Frecuentemente	Siempre
	Tipo de suelo	Pobre	Mediano	Rico
	Preparación de los suelos	Manual	Mixto	Mecánico
	Siembra	Tradicional	Mixta	Moderna (mecánica)
	Cosecha	Tradicional	Mixta	Moderna
	Cantidad de producción	Mediana	Mediana	Mucha
Herramientas agrícolas	Tradicionales	Mixtas	Modernas	
Ambientales	Cambio climático	Presente	Presente	Presente
	Suelos	Conservación/rotación	Uso semi-intensivo	Uso intensivo
	Deforestación	Baja	Mediana	Alta
Político-económico-sociales	Apoyos gubernamentales	Pocos	Regulares	Muchos
	Comercialización / autoconsumo	Poca/Alta	Mediana/mediana	Alta/baja
	Cambios de oficios (trabajos)	Muchos	Medianos	Pocos

Lo descrito se observa en las comunidades estudiadas, en las cuales existen agricultores que combinan la agricultura tradicional con la convencional. Siembran en sus milpas de temporal después de las primeras lluvias y cuando no hay trabajo en la milpa, ocupan sus parcelas o “mecanizados” (áreas agrícolas con arado mecánico) con sistemas de riego, para la siembra de monocultivos como sandía, melón, tomate, chile, sorgo, maíz y cítricos.

Por la introducción de las nuevas tecnologías, para incrementar la producción y el margen de ganancia económica, algunas comunidades de la zona maya adoptan éstas tecnología y poco a poco se produce el cambio de lo tradicional a lo convencional. Abasolo-Palacio (2011), indica que, a pesar del desprestigio de lo autóctono, la comprensión sobre el manejo de los recursos permanece vigente y se siguen reproduciendo en el seno de sociedades tradicionalmente campesinas, grupos étnicos o, en el medio rural, donde la base de subsistencia es la agricultura.

El actual modelo económico y su correspondiente tecnología, han generado y acentuado una serie de problemas socioeconómicos y ecológicos que se agravan en la medida que crece la población y se incrementa la demanda de factores básicos; se agudiza el deterioro de los recursos naturales, se incrementa el círculo de la pobreza económica, social, y se acentúa el deterioro de la naturaleza (Gómez, 1998).

Lo descrito se evidenció en las comunidades estudiadas, donde se constató que la concentración del capital se encuentra en grandes productores, quienes pueden adquirir los paquetes tecnológicos para producir bajo la modalidad de monocultivos de interés comercial; a diferencia de los campesinos de la zona de agricultura tradicional, que siguen produciendo en sistemas agroecológicos, y conservan los recursos naturales.

Al respecto (Gilles *et al.*, 2013), señala que en los cambios de sistemas agrícolas, la teoría de adopción y difusión, supone que las innovaciones son financieramente superiores, y que los que no las adopten terminarán por “desaparecer”.

Los que adoptan innovaciones posteriores (“rezagados”) son mayores de edad, tienen bajo nivel educativo, contacto limitado con los medios, viven en comunidades más aisladas y poseen

valores tradicionales. Los agricultores que cambian de agricultura moderna a tradicional son casos excepcionales.

Gran parte del interés de los grupos étnicos por no perder la aplicación de sus conocimientos en el manejo del agroecosistemas, la herbolaria, el calendario agrícola, conocimientos de las fases de la luna, y el uso y manejo de suelos, se debe tanto a la seguridad de su aplicación, como a un proceso de resistencia cultural para no perder la identidad constituida como grupo social campesino (Abasolo-Palacio, 2011).

Ser campesino es una manera de vivir practicando la agricultura tradicional; y la agricultura tradicional se efectúa con base en conocimientos acumulados por generaciones, en forma empírica y por experimentación: En contraste, la agricultura “moderna” o tecnificada, es una agricultura “científica” en la que la producción de alimentos ha llegado a transformarse en una variante de la industria (Remmers, 1993).

APROXIMACIONES Y RESULTADOS

Se identificaron los factores que han determinado los cambios de agricultura tradicional a agricultura mecanizada, en ésta región; se logró conocer cuáles son las relaciones de la agricultura tradicional con otras actividades productivas, es decir, la adopción de la agricultura convencional, la agricultura “moderna” y la ganadería, en la que participan sociedades que se encuentran en proceso de cambio o conversión de sus sistemas productivos. Esta investigación ofrece una visión que puede contribuir al estudio y explicación del conocimiento agrícola tradicional que aún se conserva en la zona maya.

En los cuadros 1 y 2 se documentaron evidencias de transformación de la agricultura en el sitio de estudio.

Existen comunidades que están cambiando la agricultura tradicional por agricultura más moderna y comercial (Vallehermoso y Emiliano Zapata), las cuales se caracterizan por tener producción ganadera y cultivo de sorgo y ocupan grandes extensiones de terreno. Se encontraron zonas intermedias (Chunhub, Santa Gertrudis y Polyuc) en las que los productores, a pesar de haber iniciado producción de monocultivos,

tales como cítricos y hortalizas, aun conservan actividades agrícolas tradicionales como la milpa y la apicultura, para autoconsumo.

En la zona con agricultura más tradicional se encuentra la comunidad de Bulukax, cuyas principales actividades son la agricultura de temporal y la apicultura, se enfocan al autoconsumo (en el caso de la producción de la milpa), en la venta de la producción de miel y conservan casi todas sus ceremonias agrícolas.

En la zona maya de la península de Yucatán, hay algunas comunidades que están perdiendo los conocimientos sobre la agricultura tradicional y adoptan otras actividades productivas como la ganadería o los monocultivos, debido a los períodos inestables de lluvia, la falta de apoyo del gobierno a los sistemas tradicionales de producción, y el impulso para la producción de monocultivos y ganadería intensiva.

Con la llegada de la modernización agrícola a la zona estudiada (hace casi tres décadas), el uso de maquinaria e insumos externos como agroquímicos, producción para mercado externo, políticas de apoyo a los sistemas modernos de producción y oferta de créditos; se generaron daños ambientales (compactación de suelos, erosión, salinidad y reducción de la fertilidad); sociales (preferencia por cultivos de importancia económica, pérdida de prácticas y ceremonias agrícolas); ecológicos (pérdida de recursos fitogenéticos, nuevas plagas y enfermedades) y económicos (mejores suelos para los que tienen mayor capital y para monocultivos).

Se incrementó el monopolio y la desigualdad social. La tecnificación agrícola, y las largas temporadas de sequía han ido disminuyendo la apicultura local; y en cambio se ha ido aumentando la producción bovina que utiliza grandes hectáreas y erosiona el suelo. Prakash (2014), en la India, encontró que en comunidades lejanas a las zonas urbanas, casi siempre existen limitantes para comercializar el excedente de sus productos agrícolas, tanto por los caminos en mal estado como por los intermediarios, aun cuando la agricultura constituye más del 80% de sus actividades; y esas limitantes pueden llevar a un cambio en el sistema agrícola.

Al respecto, Valladares y Duch (1982), indican que para hacer de la agricultura una actividad económica atractiva y rentable en la Península

de Yucatán, la política oficial debe procurar que las innovaciones técnicas y organizativas surjan de las necesidades sentidas de la población. A pesar del avance de la modernización y de los cambios económicos, algunos sistemas de conocimiento y de manejo agrícola tradicional aún permanecen en la zona maya.

Las comunidades deben adaptarse a las nuevas oportunidades de producción pero con uso racional de los recursos y considerando los conocimientos locales. Esto permitiría encontrar en la agricultura tradicional, la fuente de saberes y métodos para establecer sistemas agroecológicos que garanticen la seguridad alimentaria, documentar los procesos de construcción de conocimiento de los campesinos mayas y cimentar la resiliencia que les ha permitido vivir en armonía con los recursos naturales de su entorno Cálix de Dios *et al.* 2014; 2015; Cálix de Dios y Cauich, (2015).

Con base en la aplicación de entrevistas estructuradas a actores clave, observación y recorridos de campo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Social

Emigración: debido a los bajos rendimientos que produce la agricultura tradicional de temporal, la mayoría de las personas prefieren cambiar de actividad, saliendo de sus comunidades hacia la zona turística más cercana (Cancún, Cozumel, Playa del Carmen, Tulum e Islas Mujeres) o ir a los Estados Unidos a trabajar; situación que provoca el abandono de los campos.

En diversas familias, los jóvenes emigran y dejan a cargo a la gente adulta, los cuales por su avanzada edad ya no pueden realizar las labores agrícolas. También la llegada de personas de otros estados trae cierta influencia en la forma de producción de los sistemas tradicionales; llegan con la idea de implementar sus cultivos en la región, sin considerar los factores sociales, ambientales y económicos.

Educación: las escuelas proporcionan estudios formales, pero los jóvenes lo conciben como medio para abandonar sus comunidades. No consideran el campo como una opción de trabajo, consideran que los rendimientos no proporcionan un “mejor nivel de vida”.

Lenguaje (maya/castellano): la lengua maya es un idioma que se está abandonando, los jóvenes prefieren hablar el castellano, lo que representa un factor que afecta a la agricultura tradicional, ya que dentro de ella se encuentran las ceremonias agrícolas, que para ser realizadas implica el uso del idioma maya (para poder comunicarse con los dioses).

Religión: se considera a la gente católica como los únicos que realizan las ceremonias agrícolas, porque realizan rezos a los dioses de la naturaleza. Resulta interesante el hecho de que esas ceremonias, normalmente se consideran “paganas” por la iglesia católica; pero debido al sincretismo colonial, el *j-meen* (sacerdote maya) reza parte en cánticos mayas y parte en cánticos católicos. Si se presenta un cambio de religión y se convierten en protestantes (cristianos no católicos) abandonan las ceremonias.

Falta de interés por las tradiciones y ceremonias agrícolas: principalmente para los jóvenes que prefieren dedicarse a actividades fuera del campo y debido a la falta de interés por conocer estas actividades, se abandonan. Algunos agricultores dejan de practicarlo por la inversión económica que representa.

Falta de mano de obra: por la migración hacia las ciudades se van abandonando las tierras y se va reduciendo la cantidad de superficie sembrada y la cantidad de producción.

Escasas personas se encuentran preparadas para realizar las ceremonias agrícolas. Durante el recorrido solo se encontró un *J-meen* (conocidos como “brujo” o como “sacerdote”), el cual reconoce que actualmente son escasas las personas que se dedican a esta actividad. Abundan oportunistas charlatanes que no realizan la ceremonia en maya (como debe ser), solo por recibir un ingreso económico

Agronómico

Monocultivos: la preferencia de algunos cultivos, provoca el desplazamiento de cultivos tradicionales, por un mayor valor económico para ser comercializados. Se abandonan las milpas y se trabajan en los sistemas mecanizados que son más productivos pero menos diversificados; no son autosuficientes y requieren de grandes cantidades de insumos en energía y materiales sintéticos.

Pérdida de germoplasma (semillas nativas): con la implementación de los monocultivos se marginan las especies autóctonas que representan la dieta del campesino maya. En un sistema de producción tradicional maya, se utiliza una alta diversidad de especies y sus variedades. El sistema milpa permite la conservación de los recursos fitogenéticos a través de la práctica de policultivos (después de cada cosecha se guardan las semillas para la próxima temporada). La finalidad es asegurar la alimentación del campesino y su familia.

Problemas fitosanitarios: la producción de monocultivos aumenta el riesgo de pérdidas por ocurrencia de enfermedades e incidencia de plagas.

Uso de la tierra según el tipo de suelo: en comunidades como Valle hermoso y Emiliano Zapata, el tipo de suelo predominante es el *ak'alche*. La producción de sorgo y ganado bovino se adaptan muy bien a este tipo de suelo. En comunidades como Chunhuhub, Polyuc, Santa Gertrudis y Bulukax el tipo de suelo predominante es el *káankab* y el *box lu'um*, los cuales favorecen la agricultura tradicional y la siembra de cítricos.

Preparación de los suelos: el *ak'alche* y el *káankab* son suelos planos, profundos y poco pedregosos, en los que se favorece la mecanización agrícola para el arado del suelo. Se utilizan principalmente para los monocultivos y sistemas de producción conocidos como parcelas (predios particulares).

Los *káankab* (suelos rojos) y los *box lu'um* (suelos negros) son pedregosos y tienden a ser usados para las milpas, con cultivos como el maíz, calabaza y frijol. En estos suelos el campesino utiliza el método tradicional de roza-tumba-quema, al igual que las ceremonias tradicionales de ofrecimiento del *saka'* (bebida hecha a base de *Lonchocarpus longystilus*) para favorecer la obtención de buenas cosechas.

Siembra: en los sistemas mecanizados después de la preparación del suelo, se procede a la siembra de acuerdo a los requerimientos técnicos del cultivo, tomando en consideración la distancia, profundidad, época y aplicación de fertilizantes. En el sistema milpa, luego de realizar la limpieza del terreno, se realizan las ofrendas tradicionales para el permiso de uso

del suelo y la bendición para las semillas, el cuidado del cultivo y la buena cosecha.

Cosecha: en las comunidades de Emiliano Zapata y Vallehermoso, se contrata maquinaria para la cosecha de sorgo y maíz. En el sistema milpa, la cosecha se realiza manualmente y en la mayoría de las ocasiones, con la participación de los miembros la familia. Luego se realizan ofrendas de agradecimiento individuales o colectivas con los pobladores de la comunidad.

Cantidad de producción: en el sistema de agricultura convencional, la producción depende fundamentalmente de la disponibilidad de agua para riego y toda la producción se comercializa. En la milpa la producción depende de la estacionalidad de las lluvias y el destino de la producción es el autoconsumo y sólo se comercializan los excedentes.

Ambiental

Cambio climático: los períodos de sequía cada vez más prolongados, afectan principalmente la agricultura de temporal y hace susceptible al sistema, a ser reemplazado por la agricultura con sistema de riego, uso de agroquímicos y monocultivos.

Suelos: en las milpas se requiere dejar descansar la tierra; cada tres años los productores cambian de lugar para “permitir la regeneración de los montes”, a diferencia del sistema de monocultivo en el que se hace uso intensivo de la tierra.

Deforestación: en la producción de monocultivos se deforestan grandes extensiones de tierra. En la milpa, aunque se practica la roza-tumba-quema, el terreno se deja regenerar naturalmente luego de tres años.

Político-económico-social

Apoyo gubernamental: el Estado fomenta la agricultura convencional, a través de apoyo con sistemas de riego, maquinaria pesada, paquetes tecnológicos con agroquímicos y semillas híbridas. Muchos productores tradicionales para recibir el beneficio gubernamental, cambian de modelo agrícola.

Cambios de oficio: al no obtener lo necesario en sus sistemas de producción, los campesinos cambian la agricultura por la albañilería, la carpintería, la carnicería, entre otros. En muchas ocasiones establecen nuevas actividades como

complemento para sus ingresos, en virtud de que la producción de temporal solo dura de cuatro a cinco meses.

LITERATURA CITADA

- Alston, JM; Pardey, PG. 2017. Transforming Traditional Agriculture Redux, Costa de Marfil (en línea). Working Paper Series No. 260. African development Bank group. FeedAfrica. The high 5. 27 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en: https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/WPS_No_260_Transforming_Traditional_Agriculture_Redux_Z.PDF
- Abasolo-Palacio, VE. 2011. Revalorización de los saberes tradicionales campesinos relacionados con el manejo de tierras agrícolas (en línea). Iberofórum 6(11): 98-120. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en: <http://www.iberomx.com/iberoforum/11/pdf/5.%20ABASOLO%20VOCES%20Y%20CONTEXTOS%20%20IBEROFORUM%20NO%2011.pdf>
- Algelsen, A; Kaimowitz, D. 2014. Introduction: The role of agricultural technologies in tropical deforestation, Chapter 1, (en línea). Consultado: 4 abr. 2018. Disponible en: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/CAngelsen0101E0.pdf
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2013. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. Climatic Change (en línea). Consultado 23 mar. 2018. Disponible en: <http://www.emptycagesdesign.org/wp-content/uploads/2017/03/Alt-Nicholls-Trad-ag-and-climate-change.pdf> DOI 10.1007/s10584-013-0909-y
- Bautista, F; Palacio-Aponte, G; Ortíz-Pérez, M; Batllori-Sampedro, E;Castillo-González, M. 2005. El origen y el manejo maya de las geoformas, suelos y aguas en la Península de Yucatán, p. 21- 32. En: F Bautista y G Palacio (Eds.) Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 282 p.

- Cáliz de Dios, H; Putnam, H; Alvarado Dzul, SH; Godek, W; Kissmann, S; Pierre, JL; Gliessman, S. 2014. The challenges of measuring food security and sovereignty in the Yucatán Peninsula. *Development in Practice* 24(2):199-215.
- Cáliz de Dios, H; Cauich, ZN. 2015. "Resiliencia, alimentación y agricultura familiar en la región maya de México". *Revista Leisa* 31(2):18-20
- Cáliz de Dios, H; Kissman S; Alvarado Dzul, SH; Luckson P, J; Putnam, H. 2015. Seguridad y Soberanía Alimentaria en la Zona Maya de Yucatán. Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 175 p. ISBN: 978-607-96689-0-7
- Chi Quej, JA. (2009). Caracterización y manejo de los huertos caseros familiares en tres grupos étnicos (Mayas peninsulares, Choles y Mestizos) del Estado de Campeche, México. Tesis de grado. Escuela de Posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Duch, GJ. 2005. La nomenclatura Maya de suelos: una aproximación a su diversidad y significado en el sur del Estado de Yucatán. *Revista de Geografía Agrícola*. 34:55-74
- Frattaroli, AR; Ciabò, S; Pirone, G; Spera, DM; Marucci, A; Romano, B. 2014. The disappearance of traditional agricultural landscapes in the Mediterranean basin, Italia (en línea). The case of almond orchards in Central Italy. *Plant Sociology* 51(2): 3-15. Consultado 14 jul. 2018. Disponible en: <http://www.scienzadellavegetazione.it/sisv/documenti/Articolo/pdf/366.pdf> DOI 10.7338/pls2014512/01
- García, JE. 2016. Agricultural Change and Social Relations: Examining the Social Impacts of Genetically Modified Soya in Northern Argentina. Master thesis in Culture, Environment and Sustainability. Centre for Development and Environment, Noruega (en línea). Reprosentralen, Universidad de Oslo, Oslo, Noruega. 136 p. Consultado 14 feb. 2018. Disponible en: <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/53821/Agricultural-Change-and-Social-Relations-Studentweb.pdf?sequence=>
- Gilles, JL; Thomas, JL; Valdivia, C; Yucra, ES. 2013. Laggards or Leaders: Conservers of Traditional Agricultural Knowledge in Bolivia (en línea). *Rural Sociology* 78(1): 51-74. Consultado el 18 de junio de 2018. Disponible en: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/70107/6529_Giles_etal_2013.pdf?sequence=1 DOI: 10.1111/ruso.12001
- Gliessman, SR. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. 2002. Turrialba, Costa Rica. 351 p.
- Gómez, GG; Ruiz, GJ; Bravo, GS. 1998. Tecnología tradicional indígena y la conservación de los recursos naturales, México. Consultado 30 jun. 2010. Disponible en: <http://www.bibliojuridica.org/libros/1/99/11.pdf>
- González, JA. 2003. Ambiente y cultura en la agricultura tradicional de México: casos y perspectivas. *Anales de antropología* 37:117-140
- Herath S; Mohri, H; Wong, P; Mishra, B; Sampath, DS; Weerakoon, SB; Atapattu, S; Woldie, D. 2013. Traditional and Modern Agriculture Mosaic System for Improving Resilience to Global Change (en línea). Consultado 4 abr. 2018. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/277813164> DOI: 10.13140/RG.2.1.1199.0809
- Hernández-Xolocotzi, E. 1985. Biología agrícola. CECSA. México. 54 p.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior*. 35(8):673-678.
- Hirose, LJ. (2003). La salud de la tierra: el orden natural en el ceremonial y las prácticas de sanación de un medio tradicional maya. Tesis de Maestría en Ciencias en Ecología Humana. Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México. 142 p.
- Immanuel, RR; Imayavaramban, V; Lyla, EL; Kannan, T; Murugan, G. Traditional farming knowledge on agroecosystem conservation

- in Northeast coastal Tamil Nadu. *Indian Journal of traditional knowledge* 9(2):366-374.
- Kusz, D. 2014. Modernization of agriculture vs sustainable agriculture. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* 14(1):171-177
- Lugo, PJ; Tzuc, C. 2001. Las ceremonias agrícolas y su paulatino abandono en Samahil Yucatán. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. 16:219-220.
- Mariaca, MR. 2003. Prácticas, decisiones y creencias agrícolas mágico-religiosas presentes en el sureste de México. *Etnobiología* 3:66-78.
- Márquez, MLE. 2006. El agua, los huracanes y los rituales agrícolas en El naranjal, Quintana Roo. *Perspectivas latinoamericanas* 3:114-126.
- Mayet, M. 2016. Las nuevas leyes de semillas. Un paso más en el control del sistema agroalimentario. *Biodiversidad, sustento y culturas*. 87:21-23
- Marten, GG. 1986. Traditional agriculture and agricultural research in Southeast Asia (chapter 15) en línea. In: Marten, Gerald G., ed. *Traditional Agriculture in Southeast Asia: A Human Ecology Perspective*. Boulder CO: Westview Press. 326-340 p. Consultado 4 ene. 2017. Disponible en <http://gerrymarten.com/traditional-agriculture/pdfs/Traditional-Agriculture->
- Marten, GG; Vityakon, P. 1986. Soil management in traditional agriculture (chapter 10). In: Marten, Gerald G., ed. *Traditional Agriculture in Southeast Asia: A Human Ecology Perspective*. Boulder CO: Westview Press. pp: 199-225. Disponible en línea <http://gerrymarten.com/traditional-agriculture/pdfs/Traditional-Agriculture-> Consultado el 4 de enero de 2017
- Meléndez, L. 1996. Estrategias para el establecimiento de huertos caseros en asentamientos campesinos en el área de conservación de Tortuguero, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 3(9):25-28.
- Morehart, CT. 2001. Plantas del inframundo: uso ritual de plantas en ceremonias que los antiguos mayas realizaban en cuevas, México (en línea). FAMSI. Consultado 11 ene. 2016. Disponible en <http://www.famsi.org/reports/00097es/00097esMorehart01.pdf>
- Morton, JF. 2007. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 104:19680-19685.
- Prakash, KC. 2014. Changes in Traditional Agriculture Ecosystem in Rawain Valley of Uttarakhand State in India Chandra Prakash Kala. 2(4):90-93. Consultado 14 abr. 2018. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/72b1/0441c17d3426f89dec126ff9291875bbe2dc.pdf> DOI:10.12691/aees-2-4-1
- Remmers, GGA. 1993. "Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes", España (en línea). *Agricultura y sociedad* (revista ed. por la Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura). Consultado 12 ene. 2016. 201-220 p. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_ays%2Fa066_07.pdf
- Toledo, VM; Barrera, BN; García, FE; Alarcón, CP. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos. *Interciencia* 33(5):345-352
- Valladares, AR; Duch, GJ. 1982. La agricultura en la península de Yucatán. Algunas consideraciones. *La agricultura en la Península de Yucatán: algunas consideraciones*. *Revista de Geografía Agrícola*. Análisis Regional de la Agricultura 3:29-52.

Efecto del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) sobre las precipitaciones del piedemonte y la zona alta del estado Monagas, Venezuela

Effect of El Niño – Southern Oscillation (ENSO) episodes on rainfall of piedmont and high area in the Monagas State, Venezuela

José Alexander Gil Marín¹, Nelson José Montaña-Mata¹, Luis Simón Oliveros¹, Renny Barrios Maestre², Del Valle Mark Placencio² y Argenis Guatarasma²

¹Universidad de Oriente (UDO). Maturín, Venezuela. ³Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maturín, Venezuela. Correo electrónico: rbarrios@inia.gob.ve

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) sobre las precipitaciones del piedemonte y la zona alta del estado Monagas, se analizaron los datos mensuales y anuales de precipitación en cinco estaciones meteorológicas pertenecientes a la red hidrometeorológica del Ministerio del Poder popular para el Ecosocialismo (MINEC). La lista de los años El Niño, La Niña y Sin evento, se realizó mediante la comparación de la lista de consenso de la base de datos del Golden Gate Weather Services, EE.UU. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de promedio para comparar la precipitación anual, mensual, de la época seca y la época lluviosa, considerando a cada evento como un tratamiento y el número de años en que se presentaron como las repeticiones. Se determinó que durante la presencia de años con eventos de El Niño y La Niña las precipitaciones fueron inferiores a la de los años Sin evento. Los años El Niño tienden a ser menos secos que los años La Niña, excepto en la estación Caripe donde los años La Niña resultaron ser menos secos que los años El Niño. Durante las temporadas secas y lluviosas se presentaron disminuciones de la precipitación bajo la presencia de condiciones Niño y Niña, siendo la temporada seca la que presentó mayor disminución. Durante los años El Niño se mantiene el régimen característico unimodal de los años normales, mientras que en los años La Niña el régimen tiende a convertirse en bimodal.

Palabras clave: distribución de lluvias, La Niña, variabilidad climática.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of El Niño - Southern Oscillation (ENSO) on precipitation of piedmont and the high area of Monagas state, monthly and annual precipitation data were analyzed in five meteorological stations belonging to the hydrometeorological network of the Ministry of Popular Power for Ecosocialism (MINEC). The list of the years El Niño, La Niña and No event is based on the consensus list of data base from Golden Gate Weather Services, USA. Analysis of variance and media tests were performed to compare the annual precipitation, monthly precipitation, precipitation during the dry and rainy season, considering each event as a treatment and the numbers of years were considered as repetitions. It was determined that during the presence of years El Niño y La Niña the amount of rainfall was lower than the years No event. El Niño years tend to be less dry than La Niña years, except in the Caripe station where La Niña years were less dry than El Niño years. During the dry and rainy seasons, precipitation decreased in the presence of El Niño and La Niña conditions, being the dry season which showed greater decline. Over El Niño years, the unimodal rainfall regime was maintained, while in La Niña year regime tends to become bimodal.

Keywords: rain distribution, La Niña, climatic variability.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno ENOS (El Niño y Oscilación del Sur) y su fase fría llamada La Niña (AENOS), son considerados de vital importancia en el ámbito mundial. Es el fenómeno natural climático que causa mayor influencia sobre la variabilidad climática, provoca efectos desastrosos, impacta directamente las actividades humanas y desmejora la calidad de vida. Debido a sus interrelaciones oceánicas y atmosféricas, ocasiona pérdidas económicas considerables en varias regiones del planeta, aun estando éstas alejadas del sitio de origen del evento.

En forma general ENOS altera la circulación atmosférica, modificando los patrones de la temperatura y la cantidad y distribución de las precipitaciones en el Pacífico Ecuatorial y Subtropical, Estados Unidos, Canadá, América Latina, Asia y África. En el caso de América del Sur, el fenómeno el Niño provoca condiciones extremas de sequía o humedad dependiendo de la región. Así se tiene que al Nor-este (el Brasil Norecuatorial, la Guayana Francesa y Venezuela) se presentan sequías, en el Sur-este (Sur de Brasil, Uruguay y partes del Nor-este de Argentina) se producen abundantes lluvias, así como también en el litoral de Ecuador y Perú (OPS, 2000); y en Colombia, dependiendo de la influencia del Pacífico Ecuatorial, se presentan situaciones de inundaciones y en otras, de sequías.

En el caso específico del ENOS en Venezuela, la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2000) indica que es el país Andino menos influenciado por el fenómeno, en comparación a los otros países andinos, sin embargo, en los años 1992 y 1997-1998, considerados como años Niño severos, muestran que sí existe una relación entre ENOS con la cantidad y distribución de las precipitaciones en Venezuela.

Estudios preliminares demuestran que el fenómeno no afectó de manera similar a todo el país. En Occidente, el fenómeno se tornó más relacionado con fechas tardías de inicio de las lluvias, mientras que en el Centro y Oriente del país no se observó un patrón categórico definido (Martelo, 2004).

Rojas *et al.* (2010), agregan que no existe una relación entre la ocurrencia de años húmedos o secos al sur de los estados Anzoátegui y

Monagas con el fenómeno El Niño, excepto en una pequeña área, destacando que en Venezuela la influencia no es absolutamente uniforme.

A pesar de la ausencia de un patrón categórico definido y la relativamente moderada influencia del fenómeno en el territorio nacional, se registraron daños significativos en los diferentes sectores del país, específicamente en el abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica, salud (brotes epidémicos de enfermedades), transporte fluvial, pesca continental, y en mayor grado la agricultura (Paredes-Trejo *et al.* 2018; CAF 2000).

En el caso particular del estado Monagas, López (2012) señala que en las zonas bajas hay una tendencia a la disminución de la cantidad de agua precipitada durante la temporada de lluvia en los años de El Niño; mientras que en los años La Niña tiende a precipitar más lluvia en temporada seca, manifestándose un adelanto de las lluvias, pero con una precipitación inferior a la de los años sin evento. Aunado a esta situación, Gil-Marín *et al.* (2012) presentaron evidencias de que el cambio climático ha generado una tendencia al incremento de la temperatura media y la evaporación y una tendencia a la disminución de la humedad relativa en el municipio Maturín del estado Monagas, lo cual se asoció en principio al efecto invernadero y a los procesos de urbanización y deforestación de la zona.

Es necesario destacar que durante 1997 y 1998, la agricultura fue el sector más afectado como consecuencia de la variabilidad climática asociada al fenómeno El Niño, provocando una baja de producción en los principales rubros nacionales. Cultivos como el maíz redujeron los rendimientos en Guárico debido al déficit de precipitación, afectando el llenado de las mazorcas, en ese mismo estado muchas hectáreas fueron declaradas en pérdida completa como consecuencia de la sequía (Puche *et al.* 2005). Igual situación se observó en las zonas semiáridas de Lara, donde fueron notorios los efectos negativos de la sequía sobre los rendimientos y el área cosechada de la caña de azúcar, debido a la reducción del agua subterránea para riego (Rodríguez y Rodríguez, 1999).

Otro factor que incidió en la baja de producción fue la modificación del ciclo de lluvias, cuyo retiro temprano durante 1997 para las diferentes zonas productoras agrícolas, afectó las siembras de cultivos como el sorgo, ajonjolí y frijol. Otra característica del fenómeno El Niño fue el adelanto de las lluvias en el año 1998, que originó la pérdida de áreas sembradas de maíz, principalmente en los llanos centro-occidentales y la consecuente reducción de áreas que debían cosecharse en ese lapso en los centrales Majaguas y Portuguesa; y debido al exceso de precipitación y el retraso en la siembra en los llanos occidentales, se dificultó el proceso de establecimiento (Rodríguez y Rodríguez, 1999).

En lo relativo a los impactos en la agricultura en el periodo 1997-1998, dejaron para el sector experiencias y lecciones de gran importancia y demuestran que la explotación agrícola en el país continúa siendo altamente dependiente de las condiciones climáticas, y que el país no ha desarrollado una capacidad técnica para manejar con eficiencia ese tipo de situaciones relacionadas con el fenómeno El Niño (Paredes *et al.* 2016).

En base a las experiencias y a las inquietudes generadas en los diferentes sectores productivos, respecto a la influencia del fenómeno El Niño y La Niña sobre las condiciones ambientales, y considerando que dicha influencia varía de una región a otra, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del fenómeno El Niño y La Niña sobre las precipitaciones del piedemonte y la zona alta del estado Monagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos de precipitación utilizados

Se utilizaron los registros mensuales de precipitación de 5 estaciones climáticas pertenecientes a la red de estaciones climatológicas del Ministerio del Poder popular para Ecosocialismo (MINEC). Los periodos de registro y la ubicación geográfica para las diferentes estaciones bajo estudio se reflejan en el Cuadro 1.

Método de estimación de datos faltantes

Los datos faltantes de la serie de precipitación de las diferentes estaciones se calcularon mediante

el método de rellenado de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas, propuesto por Alfaro y Soley (2008). Este método emplea modelos predictivos autoregresivos conocidos como AR (p), el cual es un modelo lineal que utiliza los valores de p tiempos de muestreo anteriores y posteriores para estimar el valor en un tiempo dado.

El modelo autoregresivo de orden p , AR (p), obedece a la ecuación:

$$y[t] = \phi_1 y[t - 1] + \phi_2 y[t - 2] + \phi_3 y[t - 3] + \dots + \phi_p y[t - p] + x[t] \quad (\text{Ecuación 1})$$

La ecuación indica que la salida y en tiempo t depende de los valores anteriores de ella misma más el valor presente de la innovación x . cuando se modelan señales con este modelo, los coeficientes se ajustan de tal manera que la innovación corresponda a ruido blanco con varianza mínima (Alfaro y Soley, 2008). El filtro predictivo correspondiente es:

$$\hat{y}[t] = \phi_1 y[t - 1] + \phi_2 y[t - 2] + \phi_3 y[t - 3] + \dots + \phi_p y[t - p] \quad (\text{Ecuación 2})$$

Las regresiones (y_i) se calcularon de tal forma que el error total de pronóstico (Ecuación 5) se minimizara, con p valores hacia atrás (Ecuación 3) y p valores hacia adelante (Ecuación 4).

$$\hat{y}[t] = \phi_1 y[t - 1] + \phi_2 y[t - 2] + \phi_3 y[t - 3] + \dots + \phi_p y[t - p] \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\hat{y}[t] = \phi_1 y[t + 1] + \phi_2 y[t + 2] + \phi_3 y[t + 3] + \dots + \phi_p y[t + p] \quad (\text{Ecuación 4})$$

El error total de pronóstico es:

$$\text{error} = 1/nt \sum_{t=p+1}^{t=nt} (y[t] - by[t])^2 + 1/nt \sum_{t=p}^{t=n}) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

D_c : vector columna creciente (1...N) conformado con p valores hacia delante.

D_p : vector columna decreciente (1...N) conformado con p valores hacia atrás.

p : orden del filtro predictivo

Para calcular los vectores columna se tomó el mismo número de datos de forma creciente (D_c) y decreciente (D_p) a partir del dato faltante, con los vectores columna se calcularon las regresiones creciente (Ecuación 4) y decreciente (Ecuación 3) a través del programa Microsoft Excel ®

Cuadro 1. Coordenadas geográficas y años de registro de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona alta del estado Monagas, Venezuela.

Estación	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Periodo de Registro	Extensión del registro (años)
El Guamo	Acosta	10° 04'50" N	63° 39'10" W	435	1971– 2007	37
Caripe	Caripe	10° 09'45" N	63° 31'00" W	960	1950–2007	58
La Pinta	Cedeño	09° 55'10" N	63° 51'50" W	440	1968–2007	40
Aparicio	Piar	10° 00'30" N	63° 33'35" W	300	1971–2007	37
Aragua de Maturín	Piar	09° 58'10" N	63° 28'10" W	242	1968–2007	40

tomando el valor mayor de R^2 de las gráficas obtenidas de dichos vectores. El valor de las dos regresiones se sumó y se dividió entre dos y el valor resultante se colocó como dato estimado del faltante.

Criterio utilizado para la consideración de los años en los distintos escenarios

Para la agrupación de los años según el evento, se utilizó la información sobre los años en que ocurrieron los eventos ENOS (fase cálida y fase fría) de la base de datos del Golden Gate Weather Services (GGWS, 2010) de los Estados Unidos, la cual se fundamenta en una lista de consenso a partir de cuatro listas originales de los siguientes organismos: Western Region Climate Center (WRCC), Climate Diagnostics Center (CDC), Climate Prediction Center (CPC) y Multivariate ENSO Index from Climate Diagnostics Center (MEICDC). La lista definitiva de los años El Niño, La Niña y Sin evento, se realizó mediante la comparación de la lista de consenso con cada una de las listas derivadas de los organismos, teniéndose como criterio que para que un año fuera considerado algunos de los escenarios, debía aparecer en tres o más listas mencionadas (Cuadro 2).

Análisis estadístico de las precipitaciones

La precipitación se analizó por separado para los tres casos (Sin evento, El Niño, La Niña), en cada una de las estaciones bajo estudio. A todos

los datos se les aplicó la prueba de normalidad de Wilk-Shapiro, con una probabilidad del 95%. Se determinaron las medidas de tendencia central: Media, Mediana, Moda; las medidas de dispersión como son: el Coeficiente de Variación, Desviación Estándar y Varianza.

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 y se aplicó la prueba de promedio de rangos múltiples de Duncan, con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0, considerando a cada uno de los eventos (El Niño, La Niña y Sin evento), como tratamiento y el número de años en que se presentaron los mismos como las repeticiones.

RESULTADOS

Estación El Guamo

Para el periodo de 1971 a 2007, el promedio anual de precipitación (PAP) fue de 1055,1 mm, con un régimen que tiende a ser unimodal para El Niño y Sin evento. Se alcanzó el pico más alto en el mes de Julio con 192,8 mm y de 157,1 mm para los años Sin evento y El Niño, respectivamente; mientras que, en La Niña se observó un régimen bimodal que presentó dos picos bien definidos y cercanos entre sí, el primero en el mes agosto con 144,7 mm y el segundo en octubre con 122,3 mm (Figura 1A).

El análisis estadístico de los totales de acuerdo a los eventos, mostró diferencias significativas

Cuadro 2. Clasificación de los años El Niño, La Niña y Sin evento según la base de datos del Golden Gate Weather Services, EE.UU (GGWS, 2010).

Años	Evento	Años	Evento	Años	Evento	Años	Evento
1950	La Niña	1965	El Niño	1980	Sin evento	1995	Sin evento
1951	Sin evento	1966	Sin evento	1981	Sin evento	1996	Sin evento
1952	Sin evento	1967	Sin evento	1982	El Niño	1997	El Niño
1953	Sin evento	1968	Sin evento	1983	El Niño	1998	El Niño
1954	Sin evento	1969	Sin evento	1984	Sin evento	1999	La Niña
1955	La Niña	1970	La Niña	1985	Sin evento	2000	La Niña
1956	La Niña	1971	La Niña	1986	Sin evento	2001	La Niña
1957	El Niño	1972	El Niño	1987	El Niño	2002	El Niño
1958	Sin evento	1973	La Niña	1988	La Niña	2003	El Niño
1959	Sin evento	1974	La Niña	1989	La Niña	2004	El Niño
1960	Sin evento	1975	La Niña	1990	Sin evento	2005	Sin evento
1961	Sin evento	1976	La Niña	1991	El Niño	2006	El Niño
1962	Sin evento	1977	Sin evento	1992	El Niño	2007	La Niña
1963	Sin evento	1978	Sin evento	1993	El Niño	2008	La Niña
1964	La Niña	1979	Sin evento	1994	El Niño	2009	El Niño

entre los escenarios, arrojando que en los años Sin evento la precipitación fue mayor que en los años donde se presentó el fenómeno La Niña, mientras que los años El Niño tuvo un comportamiento intermedio entre ambos escenarios (Cuadro 3).

El análisis de las temporadas lluviosa (mayo–diciembre) mostró una tendencia similar a la precipitación total, con una tendencia hacia la disminución de la precipitación en ambos eventos con una mayor proporción en La Niña, con -17,6%, y El Niño con -8,5%. En el análisis mensual se observaron diferencias significativas para los meses mayo y julio, en donde El Niño y Sin evento fueron estadísticamente superiores a La Niña (Figura 1A).

Durante la temporada seca (enero – abril) no se observaron diferencias estadísticas entre los distintos escenarios, ni en los totales de la temporada ni entre los meses involucrados. Se observó una tendencia hacia la disminución de aproximadamente el 12% de la precipitación en los eventos El Niño y La Niña, respecto al total de los meses Sin evento.

Estación Caripe

Para el periodo 1950 a 2007 el PAP fue de 1224,3 mm, con una tendencia de la distribución en forma unimodal para El Niño y Sin evento, que alcanzó el pico más alto en el mes de Julio con 184,1 mm y de 165,8 mm para los años Sin evento y El Niño, respectivamente; mientras que en La Niña se observaron dos picos bien marcados y cercanos entre sí, el primero en

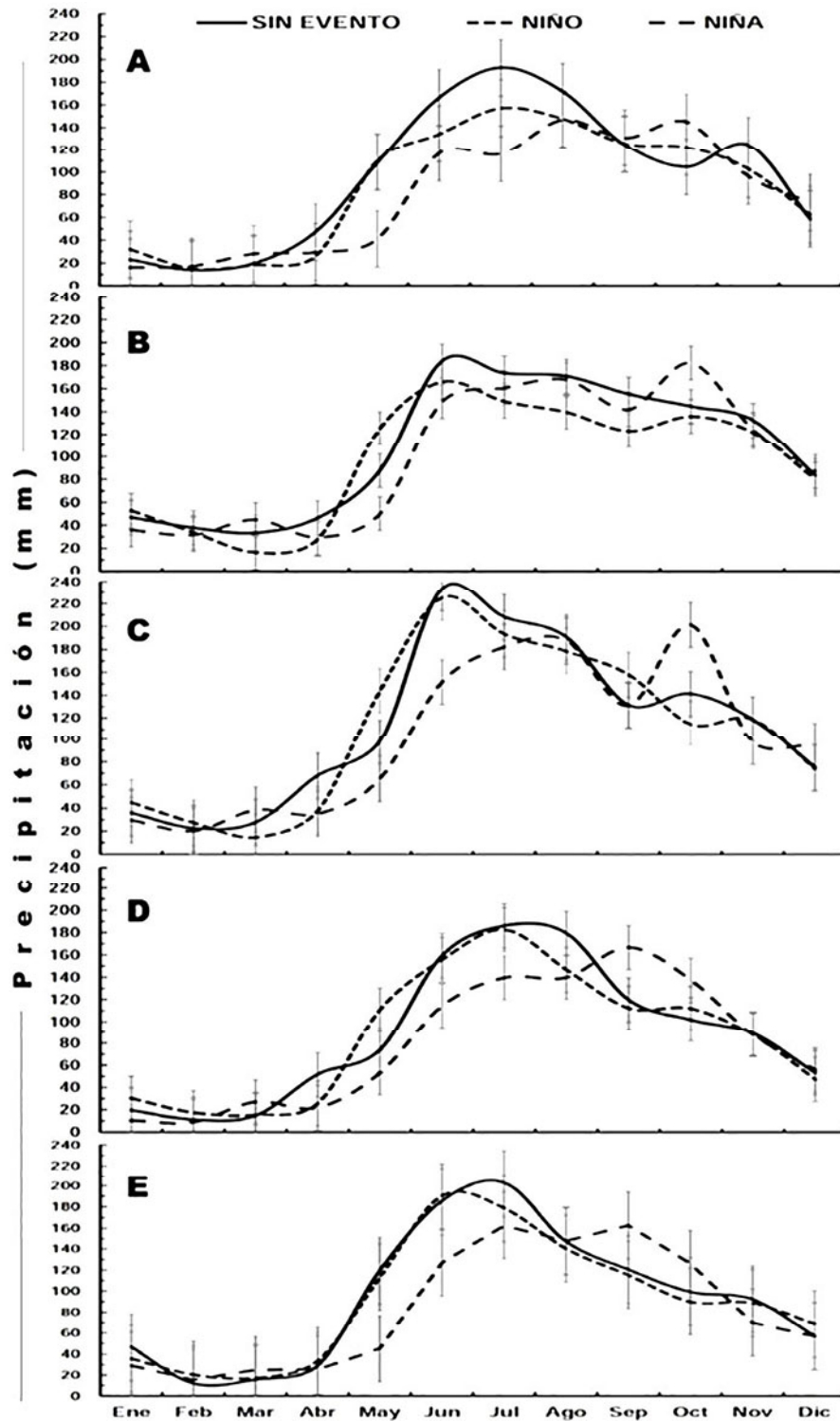


Figura 1. Comparación del régimen pluviométrico mensual de acuerdo a los eventos El Niño, La Niña y Sin evento en cinco estaciones del piedemonte y zona alta del estado Monagas, Venezuela. A) El Guamo B) Caripe C) La Pinta D) Aparicio E) Aragua de Maturín. (Barras de error corresponden al valor crítico de la prueba de Duncan al 5% P).

Cuadro 3. Prueba de promedios (Duncan $\leq 0,05$) de la precipitación anual total de la época seca y de la época lluviosa de acuerdo a los eventos El Niño, La Niña y Sin evento, en cinco estaciones del piedemonte y zona alta del estado Monagas, Venezuela.

Fases del fenómeno ENOS	Variable	Estación				
		El Guamo (M. Acosta)	Caripe (M. Caripe)	La Pinta (M. Cedeño)	Aparicio (M. Piar)	Aragua (M. Piar)
Sin evento	Periodo(años)	12	26	14	12	14
	Total Anual(mm)	1155,4 A	1215,9A	1351,7 A	1113,9 A	1128,0 A
	Época seca(mm)	103,8a	168,0a	154,1 a	101,5 a	103,4a
	Época lluviosa(mm)	1051,6a	1047,9a	1197,6a	1012,4 a	1024,5a
El Niño	Periodo(años)	14	16	14	14	14
	Total anual (mm)	1053,0 AB	1275,8A	1330,1 A	985,9A	1093,2 A
	Época seca(mm)	91,2a	132,2 a	124,5 a	83,4 a	107,2 a
	Época lluviosa(mm)	961,8ab	1143,6 a	1205,5a	902,4a	985,1a
La Niña	Periodo(años)	11	16	12	11	12
	Total Anual(mm)	956,9 B	1241,1 A	1234,1 A	961,9 A	992,6 A
	Época seca(mm)	90,8a	151,6 a	122,9a	68,1a	95,1 a
	Época lluviosa(mm)	866,1b	1089,5a	1111,2a	893,7a	897,5a

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales.

agosto (167,7 mm) y segundo en octubre (182,3 mm), correspondiente a un régimen bimodal (Figura 1B).

No se encontraron diferencias estadísticas para los totales anuales en los distintos escenarios, ni en los totales de las temporadas seca y lluviosa; sin embargo, se observó la tendencia hacia la disminución de la precipitación en ambos eventos. En el caso de El Niño presentó una mayor amplitud entre valores mínimos y máximos de precipitación entre épocas que La Niña (Cuadro 3).

El análisis estadístico de los datos de precipitación, mes a mes, indicó diferencias significativas para el mes de Mayo; durante El Niño la precipitación fue estadísticamente superior a los años Sin evento, y estos a su vez fueron superiores a los años de La Niña, mientras que en el mes de octubre la precipitación en el episodio de La Niña fue superior a los otros eventos, que fueron iguales entre sí (Figura 1B).

Estación La Pinta

Para el periodo 1968 a 2007 el PAP fue de 1305,3 mm con una tendencia en la distribución de la precipitación de forma unimodal para El Niño y Sin evento, alcanzando el pico más alto en junio con 233,6 mm y 225,1 mm para los años Sin evento y El Niño respectivamente, mientras que en La Niña observó una tendencia bimodal, presentando dos picos bien definidos y cercanos, el primero en el mes Agosto con 187,6 mm y el otro en octubre con 201,3 mm, con diferencias significativas (Figura 1C).

El análisis de los totales anuales, de la temporada seca y de la temporada lluviosa en los distintos escenarios no arrojó diferencias estadísticas. En la temporada seca se obtuvo una disminución porcentual para El Niño de -19,2%, y para La Niña de -20,3%, con respecto a la condición Sin evento, mientras que en la temporada lluviosa se observó una disminución de -7,2%.

En la comparación mensual de las precipitaciones se detectaron diferencias significativas para los meses mayo, junio y octubre. En mayo, durante La Niña la precipitación fue menor con relación a El Niño pero similar a los años Sin evento, en junio la precipitación durante La Niña fue menor con relación a El Niño y los años Sin evento, mientras que en el mes de octubre, durante La Niña la precipitación fue mayor que en El Niño y los años Sin evento (Figura 1C).

Estación Aparicio

Para el periodo 1971 a 2007 el PAP fue de 1021,2 mm distribuidos en forma unimodal, el pico de precipitación se presentó en el mes de Julio para El Niño (182,5 mm) y los años Sin evento (186,0 mm), mientras que para La Niña se presentó en septiembre (166,6 mm). No se encontraron diferencias estadísticas entre los distintos escenarios en cuanto a precipitaciones anuales ni en las precipitaciones de las temporadas seca y lluviosa. En la temporada seca se observó la tendencia hacia la disminución de la precipitación en ambos eventos con una marcada proporción en La Niña con -29,9%, y de -8,5% para El Niño. En la temporada de lluvia la disminución en mayor proporción fue para los años de La Niña con -7,0% (Cuadro 3).

En el análisis mensual se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el mes de mayo, evidenciando que en el episodio La Niña la precipitación fue menor que en El Niño pero igual a los años Sin evento, durante el mes de junio fue inferior a ambos escenarios, mientras que en el mes de septiembre fue superior a la condición de El Niño y Sin evento (Figura 1D). Estación Aragua de Maturín

Para el periodo de 1968 a 2007 el PAP fue de 1070,9 mm, con una tendencia de la distribución en forma unimodal para El Niño y Sin evento, alcanzando el pico más alto en el mes de junio para el Niño con 190,3 mm y de 202,8 mm en el mes de Julio para los años Sin evento. Durante los años de La Niña también se observó una tendencia unimodal, presentando dos picos poco pronunciados y muy cercanos, el primero en el mes julio con 162,3 mm y el segundo en septiembre con 162,5 mm (Figura 1E).

No se encontraron diferencias estadísticas para la precipitación total anual, ni para la precipitación

de las temporadas seca y lluviosa en los distintos escenarios; sin embargo, se observó la tendencia hacia una leve disminución de la precipitación en ambos eventos, presentando La Niña una mayor proporción que El Niño (Cuadro 3).

El comportamiento mensual de las precipitaciones reveló diferencias estadísticas entre los escenarios en los meses de mayo y junio, donde los años de El Niño y Sin evento fueron iguales entre sí y superiores a los años de La Niña, lo cual se invirtió en el mes de septiembre, donde La Niña fue superior a los años de El Niño y Sin evento.

En el Cuadro 4 se presenta un resumen de la precipitación anual observada y porcentaje de variación en las diferentes estaciones bajo estudio con relación al fenómeno ENOS.

DISCUSIÓN

Al calcular el promedio general de la variación de las precipitaciones en las cinco estaciones, se observó que en los años de El Niño hubo una tendencia hacia la disminución, mostrando un promedio menor con relación a los años sin evento de -5,0%. Para los años de La Niña la tendencia en las cinco estaciones fue también hacia la disminución de la precipitación, con un promedio general de -10,8% respecto a los años en que no se presentaron eventos.

Así mismo se observó, que en las cuatro estaciones los años Niño fueron menos secos que los años Niña, la estación Caripe fue en donde los años Niño se tornaron más secos, este comportamiento diferente frente a las otras estaciones podría atribuirse a la altitud u otros factores orográficos que también podrían incidir en el comportamiento de las precipitaciones en presencia de El Niño y La Niña.

En cuanto a las temporadas seca y lluviosa, el análisis indicó que, en términos generales, las dos temporadas se tornan influenciadas bajo la presencia del fenómeno ENOS, con una mayor proporción en la temporada seca.

El análisis de la temporada seca en las 5 estaciones mostró una variación promedio para El Niño de -11,3 %, y La Niña de -16,9%, con respecto a la condición Sin evento, mostrando que los años La Niña resultaron ser más secos

Cuadro 4. Precipitación anual promedio y porcentaje de variación con relación al fenómeno ENOS en las diferentes estaciones estudiadas, estado Monagas, Venezuela (Periodo 1950-2007).

Estación	Condición	Precipitación (mm)	Variación (%)
El Guamo	Sin evento	1155,38	-
	El Niño	1052,96	-8,86
	La Niña	956,91	-17,18
Caripe	Sin evento	1296,88	-
	El Niño	1171,13	-9,70%
	La Niña	1204,81	-7,10%
La Pinta	Sin evento	1351,73	-
	El Niño	1330,09	-1,60
	La Niña	1234,10	-8,70
Aparicio	Sin evento	1058,54	-
	El Niño	1043,34	-1,44
	La Niña	961,88	-9,13
Aragua de Maturín	Sin evento	1127,95	-
	El Niño	1092,23	-3,17
	La Niña	992,62	-12

que los años El Niño en la mayoría de las estaciones, exceptuando la estación Caripe y Aragua de Maturín. En Caripe los años El Niño resultaron ser más secos que La Niña, mientras que en Aragua de Maturín el comportamiento fue inverso: para el Niño se observó un aumento en las precipitaciones, mientras que para La Niña se presentó una disminución. Posiblemente la posición geográfica juegue un papel muy importante en el manifiesto del tipo de evento en estas dos zonas.

En la temporada de lluvia la variación promedio de las precipitaciones es hacia la disminución, para el Niño es de -4,1% y La Niña de -10,1%. En la mayoría de las estaciones los años La Niña resultaron ser más secos que los Niño, exceptuando las estaciones Caripe y La Pinta. En Caripe, El Niño parece favorecer una tendencia mayor hacia la disminución que La Niña, mientras que en la Pinta el comportamiento de los fenómenos fue opuesto, en La Niña se

observó una tendencia hacia la disminución y para El Niño fue hacia el aumento.

El análisis estadístico de los datos mensuales indicó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la cantidad de precipitación en el mes de mayo en las cinco estaciones. En el Guamo y en Aragua de Maturín, la precipitación en los años El Niño fue inferior a los años Sin evento pero superior a los años La Niña. En Caripe, La Pinta y Aparicio, la precipitación en los años La Niña fue inferior con respecto a los años sin evento y El Niño.

También se detectaron diferencias estadísticas en el mes de julio y octubre en las estaciones el Guamo y la Pinta, respectivamente. Las variaciones muestran que para las dos estaciones la diferencia se presenta en los años La Niña con relación a los años Sin evento y El Niño, con la diferencia que en el Guamo, la precipitación en los años La Niña fue inferior y en La Pinta fue superior con respecto a los años Sin

evento y El Niño. Sin embargo, estos resultados no muestran un comportamiento claramente definido, lo cual impide formular generalidades acerca del comportamiento mensual de las precipitaciones en la zona ante la presencia del fenómeno ENOS.

Cabe destacar que López (2012) encontró una disminución de la cantidad de agua precipitada durante la temporada de lluvia en los años de El Niño y menor precipitación en los años La Niña, lo cual tiende a acentuarse bajo las condiciones de Bosque Seco Tropical de los municipios Maturín y Aguasay del estado Monagas.

En cuanto a la distribución de las precipitaciones, se observó para todas las estaciones un régimen unimodal durante los años normales y Niño, presentando el pico más alto en el mes de junio y julio, con la característica de que el pico de precipitación de los años El Niño fue inferior al de los años Sin evento, mientras que en los años de ocurrencia de eventos La Niña, se observó una posible alteración en el tipo de régimen convirtiéndose en bimodal en todas las estaciones, exceptuando la estación Aparicio, en donde se exhibe dos picos bien definidos y cercanos presentándose unos meses después, en relación a los años normales, lo que representa una variación de las condiciones normales durante los años La Niña.

Las precipitaciones en Venezuela, ante la presencia de las diferentes fases del ENOS (El Niño y La Niña) tienden a ser inferiores a la media para los años El Niño, mientras que para La Niña se genera un incremento respecto al promedio de los años Sin evento (Martelo 2004; Ropelewsky y Halpert 1987; OPS 2000).

Resultados obtenidos en diversos estudios muestran que las diferentes fases del ENOS no afectan de manera similar a todo el territorio nacional.

Bautista *et al.* (1999) señalan que en la zona Sur y Oeste de la región del lago de Maracaibo, las precipitaciones tienden a ser inferiores en el Niño y superiores en La Niña con respecto a los años normales (Sin evento). En la Cuenca del Río Yacambú y la Depresión de Quíbor en el estado Lara, Pierre y Tirado (2007) reportan un aumento (3,10%) en El Niño y un déficit (-11,24%) en La Niña. En el Rodeo, estado Yaracuy, Monasterio *et al.* (2010) indican una tendencia

al aumento durante El Niño y una tendencia hacia la disminución durante La Niña. En la región Centroccidental, Lozada (2002) señala anomalías negativas (promedios por debajo al de los años Sin evento) para El Niño, mientras que para La Niña no se observa un patrón categórico definido.

Paredes *et al.* (2016) reportaron que las sequías de gran cobertura y larga duración (> 4 meses), ocurren fuera de la temporada lluviosa y muestran mayor intensidad en el centro-oeste del territorio venezolano.

Asimismo destacan que estos periodos están asociados a episodios El Niño y aguas cálidas en el Atlántico Norte, mientras que las sequías que suceden en la temporada de lluvias coinciden con cambios a gran escala en los patrones de presión a nivel del mar, contenido de humedad atmosférica y velocidad vertical en la tropósfera media, y la intensificación y el debilitamiento de las corrientes de aire en ciertas regiones de la baja y la alta tropósfera.

Estas sequías gran cobertura y larga duración suelen coincidir con episodios La Niña y aguas persistentes frías en el Atlántico Norte. Además, las condiciones secas de gran cobertura y de duración menor a 4 meses son más frecuentes durante episodios El Niño y la ocurrencia de aguas persistentemente frías en el Atlántico Norte.

Por su parte, Cárdenas *et al.* (2007) indican un déficit de precipitaciones para El Niño y un exceso para La Niña en la región de Guayana. Para el estado Monagas, López (2012) determinó que durante los años El Niño y La Niña, en la mayoría de las estaciones, las precipitaciones fueron inferiores respecto a la media de los años Sin evento, mostrando un comportamiento similar a los obtenidos en este trabajo. En este sentido, el comportamiento de las precipitaciones en el estado Monagas muestra un patrón diferente al reportado en forma general para el clima mundial por el efecto del ENOS.

CONCLUSIONES

Las precipitaciones en todas las estaciones bajo estudio fueron inferiores durante la presencia de años El Niño y La Niña con respecto a la media de los años Sin evento. Durante los años El Niño

se mantiene el régimen característico unimodal de los años normales, mientras que en los años La Niña se observó una posible alteración en el tipo de régimen convirtiéndose en bimodal, lo que representa una variación de las condiciones típicas de la zona.

Los años El Niño tienden a ser menos secos que los años La Niña, excepto en la estación Caripe donde los años La Niña resultaron menos secos que los años El Niño, lo que se atribuyó a la altitud y a los factores orográficos que inciden en el comportamiento local de las precipitaciones en presencia del ENOS.

El comportamiento de las precipitaciones no presentó un patrón claramente definido. Las temporadas secas y lluviosas mostraron tendencias hacia la reducción de la cantidad de precipitación bajo la presencia de condiciones El Niño y La Niña, siendo la temporada seca la que presentó mayor disminución.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, E; Soley, J. 2009. Descripción de dos métodos de rellenado de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones* 16(1):60-75.
- Bautista, S.; Morales, J; Romero, E. 1999. Influencia de "El Niño" sobre el régimen pluviómetro de la cuenca del lago de Maracaibo. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. *Revista Técnica Ingeniería Universidad del Zulia* 22(2):118-127.
- Cárdenas, P; Martelo, M; García, L; Gil A. 2003. Impacto de los eventos El Niño – Oscilación del Sur en Venezuela, parte II. Caracas-Venezuela. Corporación Andina de Fomento. 208 p.
- CAF (Corporación Andina de Fomento, Venezuela). 2000. Las lecciones de El Niño, Venezuela. Memorias del fenómeno El Niño 1997-1998, retos y propuestas para la Región Andina (en línea). Consultado 11 dic.2012. Disponible en: www.publicaciones.caf.com/media/1288/112.pdf
- Gil-Marín, J; Lozada, B; López, N; Márquez, L; Salazar, M. 2012. Evidencias de la variabilidad y cambios climáticos en Maturín, estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(2):389-399.
- GGWS (Golden Gate Weather Services, USA). 2010. El Niño and La Niña Years: A Consensus List (en línea). Consultado 10 dic. 2012]. Disponible en: <http://ggweather.com/enso/years.htm>
- López, N. 2012. Influencia de episodios El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) sobre la precipitación en el estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(2):400-406. 2012
- Lozada, B. 2002. Estudio de la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña en la precipitación de la región Centro-Occidental de Venezuela. *Revista Brasileira de Agrometeorología* 10(2):317-322.
- Martelo, M. 2004. Consecuencias ambientales generales del cambio climático en Venezuela. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología – Dirección General de Cuencas Hidrográficas – MARN. 25 p.
- Monasterio, P; Pierre, F; Barreto, T; Marín, C; Mora, O; Tablante, J; Maturet, W; Mendoza, C. 2010. Influencia del fenómeno El Niño/oscilación del Sur sobre la precipitación y rendimiento del cultivo de Maíz en el municipio Peña, Estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical* 61(1):59-72.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud, Venezuela). 2000. Crónicas de desastres Fenómeno El Niño, 1997 – 1998 (en línea). Consultado 22 feb. 2013. Disponible en:<http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/elNino/EINino-intro.pdf>
- Paredes, F; La Cruz, F; Guevara, E. (2014). Análisis regional de frecuencia de las sequías meteorológicas en la principal región cerealera de Venezuela. *Bioagro* 26(1):21-28.
- Paredes-Trejo, F; Barbosa, H; Moreno-Pizani, M; Farías-Ramírez, A. 2018. Influencia

- de las sequías sobre el régimen hídrico de los ríos en Venezuela. En: Rodríguez-Olarte, D. (Editor). Ríos en riesgo de Venezuela. Volumen 2. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela. Capítulo 9:171-184
- Pierre, F; Tirado, M. 2007. Influencia del ENOS sobre la precipitación en la cuenca del río Yacambú y la depresión de Quíbor, estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 19(1):41-52.
- Puche, M; Silva, O; Warnock, R; García, V. 2005. Evaluación del efecto del cambio climático sobre cultivos anuales en Venezuela. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Caracas. Cap. 5:82-87.
- Rodríguez, P; Rodríguez, G. 1999. Impacto de El Niño en las zonas agrícolas de Venezuela. Caracas - Venezuela. En: Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la Región Andina. Volumen VI: Venezuela. 239 p.
- Rojas, M; Saavedra, H; Márquez, J; Torres A. 2010. Análisis e incidencias de la variabilidad climática en las áreas de plantación de pino caribe al Sur de los Estados Monagas y Anzoátegui. Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, Vol. 51(2):249-268.
- Ropelewsky, C; Halpert, M. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* 115:1606-1626.

NOTA TÉCNICA

Áreas potenciales de distribución de *Spondias mombin* L. en Venezuela mediante análisis espacial SIG

Potential distribution areas of *Spondias mombin* L. in Venezuela through spatial analysis SIG

Marisela del Valle Bravo^{1*}; Francisco F. Herreral¹; Nuria Martín²

¹Centro de Ecología ²Centro de Antropología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Altos de Pipe, Venezuela. *Correo electrónico: mbravo@ivic.gob.ve

RESUMEN

La diversidad agrícola es uno de los elementos determinantes para la soberanía alimentaria de un país. El modelo de producción agroindustrial lleva poco más de 50 años y ha conducido la alimentación hacia un escenario de vulnerabilidad. Cada vez son menos las especies utilizadas para consumo, lo que implica pérdida de información en torno a su manejo, requerimientos y uso. Venezuela cuenta con una amplia variedad de regiones biogeográficas (andina, amazónica, orinoquense y caribeña), así como recursos genéticos y conocimientos aborígenes y campesinos que nos dotan de una amplia diversidad agrícola, potencialmente aprovechable. Sin embargo, la base alimentaria del venezolano, en términos de diversidad, es estrecha y frágil ante cualquier desequilibrio. Por esta razón, es necesario impulsar el uso de especies que se han naturalizado y adaptado a las condiciones biogeográficas del país, que pueden ser una alternativa para diversificar el consumo de alimentos. En este trabajo se propone determinar áreas de potencial distribución de jobo (*Spondias mombin* L.) en Venezuela. Para tal fin, se consideró la caracterización de las áreas donde se ha detectado la especie y seleccionaron áreas potenciales cercanas a la mayor densidad de centros poblados a través de datos georreferenciados en el GBIF y el análisis espacial con el sistema de información geográfica QGIS. Se detectaron en el país 21 estados con áreas potenciales para la recolección o cultivo de la especie. De acuerdo a la cantidad de centros poblados destacan los estados Barinas, Apure, Anzoátegui, Sucre, Guárico, Monagas y Miranda.

Palabras clave: diversidad agrícola, jobo, QGIS, regiones biogeográficas.

ABSTRACT

Agrobiodiversity is one of the key elements for the food sovereignty of a country. Along the last 50 years, the model of agroindustrial production has driven our food-access to a stage of vulnerability. Along this period less species are used for our consumption, which implies the lost of knowledge about its management, requirements and use. Venezuela has a wide variety of biogeographic regions (Andean, Amazon, Orinoquian and Caribbean) and ample genetic resources, besides indigenous and farmers knowledges that give us a broad, potentially profitable agricultural diversity. However the food base of Venezuela, in terms of diversity is narrow and fragile to any crisis. For this reason, it is necessary to promote the use of species that have become naturalized and adapted to our biogeographical conditions that can be an alternative to diversify food consumption. The research aims to determine areas of potential distribution of Jobo (*Spondias mombin* L.) based on the characterization of areas where the species has been detected and selecting potential cultivation regions close to the most densely populated areas in Venezuela, using Qgis software. Twenty-one states with potential areas for the collection or cultivation of the species were detected in the country. However, based on the number of population centers the states of Barinas, Apure, Anzoátegui, Sucre, Guárico, Monagas and Miranda highlights among the most important.

Keywords: agrobiodiversity, Jobo, QGIS, biogeographical regions.

Recibido: 11/08/15 Aprobado: 22/12/16

INTRODUCCIÓN

En el mundo, los sistemas agroalimentarios actuales se desarrollan sobre una base estrecha y de alta vulnerabilidad. Se estima que en los últimos 100 años se ha perdido el 75% de la diversidad fitogenética (FAO, 2001). Venezuela no escapa a esta realidad. El consumo de frutas, básicamente cambur, naranja y patilla, solo aporta 2% de las calorías diarias, mientras que la ingesta de hortalizas contribuye con 1% de los requerimientos calóricos (INN, 2010). La búsqueda de estrategias con miras a diversificar la dieta alimentaria de la población y de esta manera contribuir con la soberanía y seguridad alimentaria es necesaria y pertinente.

Las especies subutilizadas, aunque son parte de la biodiversidad, los consumidores las colocan en el olvido y por ende se descuida su producción. Sin considerar que dichos rubros representan un potencial para mejorar la soberanía alimentaria, que en la mayoría de los casos, solo son aprovechadas a escala local (Padulosi y Hoeschle 2004; Padulosi *et al.* 2011; Bravo *et al.* 2017).

En este sentido, estas especies contribuyen a mejorar la vida de las personas a nivel local, por el aporte de micronutrientes, medicina natural, adaptación a sistemas de bajos insumos, entre otros; favoreciendo la sostenibilidad de este sistema agrícola (Bhag, 1994; Scheldeman *et al.* 2003; Mayes *et al.* 2012).

Estudios recientes demuestran que el jobo (*S. mombin*) es una de las especies subutilizadas y su consumo solo persiste, específicamente en algunas comunidades de Venezuela y México (Arce *et al.* 2017; Bravo *et al.* 2017).

El género *Spondias* posee una amplia distribución en todo el trópico y subtrópico (Kostermans, 1991). El jobo es originario de México, y es uno de los frutos más importantes del género con considerables cualidades desde el punto de vista nutricional, medicinal y agroforestal (Njoku y Akumefula, 2007; Tiburski *et al.* 2011; Arce *et al.* 2017). La amplia diversidad de usos del jobo lo convierte en una especie promisoría con miras a ampliar la oferta, bien sea en las localidades donde está presente o donde podría introducirse como cultivo.

S. mombin es un frutal de tamaño mediano que crece en Venezuela, en condiciones de precipitaciones que van desde los 1.000 a los 2.000 mm, en zonas con temperaturas entre 23 y 28° C, y en una amplia variedad de suelos que incluyen principalmente Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles, con pH entre 5.0 y 7.0 (Francis, 1992).

En Venezuela son pocos los estudios que se han llevado a cabo con relación al manejo y los requerimientos del jobo. En este sentido, un mapa de distribución potencial del rubro, que incluye aspectos claves como la temperatura y precipitación, altitud y tipos de vegetación asociadas a la especie podría arrojar información sobre los requerimientos de este frutal. Con base a dichos datos establecer una aproximación a las áreas posibles para el cultivo y manejo de la especie, o para aprovechar la presencia de árboles en algunas comunidades. Considerar la cercanía a centros poblados también es de importancia para garantizar el acceso y medir el impacto del establecimiento de planes de manejo de la especie que influyan en la soberanía local.

Una alternativa de aproximación para el establecimiento de nuevos espacios para la producción del jobo son los sistemas de información geográfica (SIG). Los SIG son una herramienta que permite el uso de datos u objetos georeferenciados, en la generación de información útil para la planificación y gestión de toma de decisiones (Moreira, 1996).

Este sistema es útil para detectar espacios que reúnan las características requeridas para el desarrollo de cualquier actividad, tales como áreas con potencial para un cultivo determinado (Muñoz *et al.* 2011; Martínez *et al.* 2011). El uso del SIG como herramienta metodológica para la detección de áreas potenciales ha sido ampliamente reportado (Alcantar *et al.* 1999; Ceballo *et al.* 2010; Martínez y Prieto, 2011; Muñoz *et al.* 2011; Dzendoletas, 2015), con información útil en la toma de decisiones para el establecimiento de cultivos.

En este trabajo se propone determinar áreas potenciales de distribución de jobo en Venezuela, a través de SIG, de acuerdo a la caracterización de áreas donde se ha detectado la especie; así como, seleccionar áreas potenciales cercanas a centros poblados y determinar los estados donde

el uso de la especie tendría un mayor impacto en función del número de centros poblados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos espaciales de *S. mombin* L.

Se utilizaron datos georeferenciados de la especie en estudio disponibles en el portal de Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2014). Solo se consideraron los datos con información espacial restringidos al área del territorio venezolano. Estos datos una vez descargados se transformaron en un archivo.txt para posteriormente ser utilizados en el software libre QGIS versión 2.2 Valmiera (QGIS, 2014).

Mapas

Se utilizaron mapas de vegetación de Venezuela y un modelo digitalizado de elevación (DEM por sus siglas en inglés). El DEM es un modelo de elevación de Venezuela y sus alrededores

en formato ráster, con una resolución espacial horizontal de 30 segundos y la altura en metros (Rodríguez *et al.* 2005).

El mapa de vegetación del país corresponde al elaborado por Huber y Alarcón (1988) a una escala 1:2000000. También se usaron mapas de temperatura promedio anual y precipitación promedio anual, de una serie de 50 años desde el 1950 hasta el 2000, con una resolución espacial de 1 km (Hijmans *et al.* 2005). Los mapas de división político territorial por Estado y Municipio fueron concedidos por el Centro de Antropología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Los mapas empleados en el análisis espacial de *S. mombin*, se seleccionaron de acuerdo a los requerimientos de la especie y la disponibilidad de información georeferenciada. La base de datos del GBIF arrojó 35 puntos de distribución de *S. mombin* en Venezuela (Figura 1).

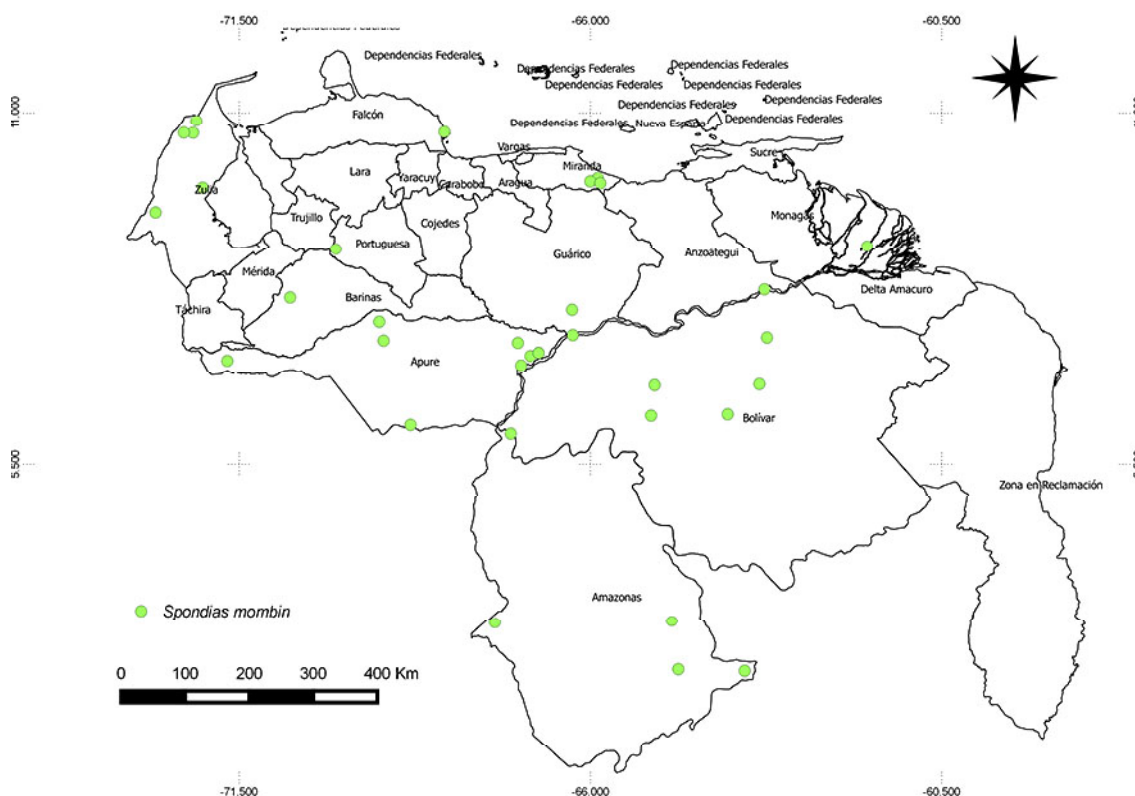


Figura 1. Mapa de distribución de *Spondias mombin* L. en Venezuela. Fuente: GBIF, 2014.

Con relación a la cercanía a centros poblados, se incorporó esta información al análisis, por considerar que la distancia a la ciudad/poblado juega un papel fundamental en el aprovechamiento de los recursos, lo cual favorece el consumo de alimentos locales.

Para el análisis se utilizó el método de superposición de capas, considerando que la resolución de los mapas empleados era la misma (Burrough y Mc Donnell, 1998).

Análisis vectorial y ráster

Para caracterizar el área de distribución del jobo se utilizó el mapa de vegetación y se hizo uso de los mapas en formato ráster de temperatura, precipitación y altitud (este último generado a partir del DEM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las áreas donde se presenta la especie *S. mombin* L.

Tipo de vegetación

En el área asociada a la presencia del jobo se detectaron siete tipos de vegetación (Figura 2) en 11 estados del país. Sin embargo, para la caracterización solo se seleccionaron los tipos de vegetación que agruparon a más del 50% de los individuos. El 26 y 29% de los individuos georeferenciados se encontraron en áreas con

tipo de vegetación de bosque ribereño y bosque siempre verde, respectivamente. El resto de los individuos se encontraron en bosques semidecuidos (14%), áreas intervenidas (11%), bosques deciduos (9%), sabanas y herbazales (9%) y vegetación de litoral (3%).

La presencia de jobo en bosques ribereños y siempre verdes sugiere que la especie tiene preferencias por zonas cercanas a ríos. Estos resultados coinciden con Francis (1992) quien señala que, aunque el jobo crece a menudo en bancos de ríos.

Clima y elevación

En cuanto a la temperatura, el promedio observado fue de 26,9°C con valores máximos y mínimos entre 28 y 23°C (Cuadro 1), lo que coincide con lo reportado por Francis (1992), Miller y Knouft (2006) y Ramírez *et al.* (2008). Con relación a la precipitación se observaron valores máximos y mínimos entre 3058 y 970 mm, respectivamente; esto pudiera indicar que la especie se adapta a zonas con alta humedad, aunque Francis (1992) también señala que parte del área de distribución del jobo en el país presenta periodos de sequía de 1-5 meses. Estos resultados sugieren un alto grado de plasticidad de la especie en términos de los regímenes térmico e hídrico.

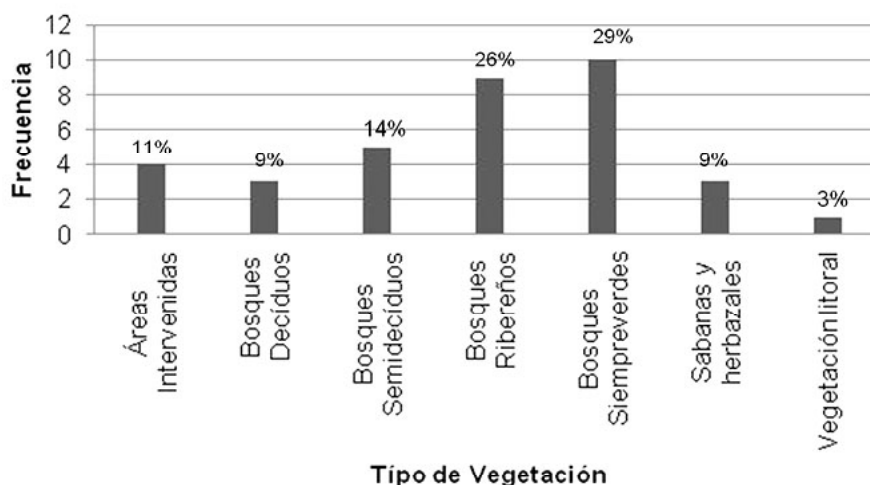


Figura 2. Tipos de vegetación asociados a *S. mombin* en Venezuela ($N=35$). Según clasificación propuesta por Huber y Alarcón (1988).

La consideración de la variabilidad climática temporal y espacial es necesaria para el establecimiento de espacios de producción agrícola y la organización de labores tales como momento de siembra, cosecha, transporte, entre otros (Martelo, 2003). Para el aprovechamiento del jobo como alternativa de producción para consumo, es preciso tomar en cuenta la variabilidad climática de cada área potencial. Es necesario que en cada región se proponga un calendario que considere la fenología de la especie y la época de lluvias y de esta forma garantiza la explotación óptima de la especie.

Con base a los reportes de observación de *S. mombin*, es importante destacar que se encuentra en un amplio rango altitudinal, entre 1 y 785 msnm, que indica una alta dispersión de los datos observados para la elevación en comparación con la temperatura y precipitación, tal como lo indican los coeficientes de variación: 0,92; 0,38 y 0,29, respectivamente (Cuadro 1).

Miller y Knouft (2006) también observaron individuos de *S. mombin*, tanto silvestres como cultivados, dentro de este rango altitudinal. Estos resultados permiten suponer que la altitud no es una variable determinante para el crecimiento; por el contrario, la especie se puede adaptar a diferentes pisos altitudinales.

Selección de áreas potenciales cercanas a los centros poblados

La selección última del área potencial (Figura 3) se realizó con un buffer de aproximación de

60 km alrededor de los centros poblados, con relación al área potencial. Al respecto, si se considera al jobo como un cultivo promisorio para favorecer el intercambio en mercados locales, es necesario que esté cercano a los centros poblados.

De acuerdo con el criterio de selección de cercanías a centros poblados, se detectaron 21 estados con áreas potenciales para el cultivo de jobo (Figura 3). Entre los estados con áreas potenciales de *S. mombin* y con mayor cantidad de centros poblados destacan: Barinas (834), Apure (793), Anzoátegui (658), Miranda (513) y Guárico (408). Estos podrían ser considerados como posibles centros de producción y recolección de frutos para ser incorporados dentro de cadenas de distribución y aprovechamiento local, de esta forma contribuir a la economía de esa localidad o diversificar el consumo de frutas.

Los SIG permiten superponer y combinar estratos temáticos diferentes, que juegan así un papel importante en la generación de alternativas en la planificación del territorio. Para la adecuación a la complejidad del territorio es necesario integrar la información arrojada por los SIG a otras técnicas complejas como los sistemas de evaluación multicriterio y hacer una valoración cuantitativa de las alternativas disponibles (Bosque y García, 2000). Aún así, el uso de SIG como primer acercamiento para la planificación es válido, ampliamente utilizado y es la base para el análisis y evaluación territorial (Galacho y Ocaña, 2006).

Cuadro 1. Resumen de parámetros estadísticos para las variables de temperatura promedio anual, precipitación y altitud observadas para el jobo (*S. mombin* L.) en Venezuela.

Parámetro	Temperatura promedio anual (°C)	Precipitación (mm)	Altitud (m.s.n.m)
Media	26,9	1760,8	204
Desviación estándar	1,05	517,9	192,02
Mínimo	23	970	1
Máximo	28	3058	785
N	35	35	35
Coefficiente de variación	0,38	0,29	0,92

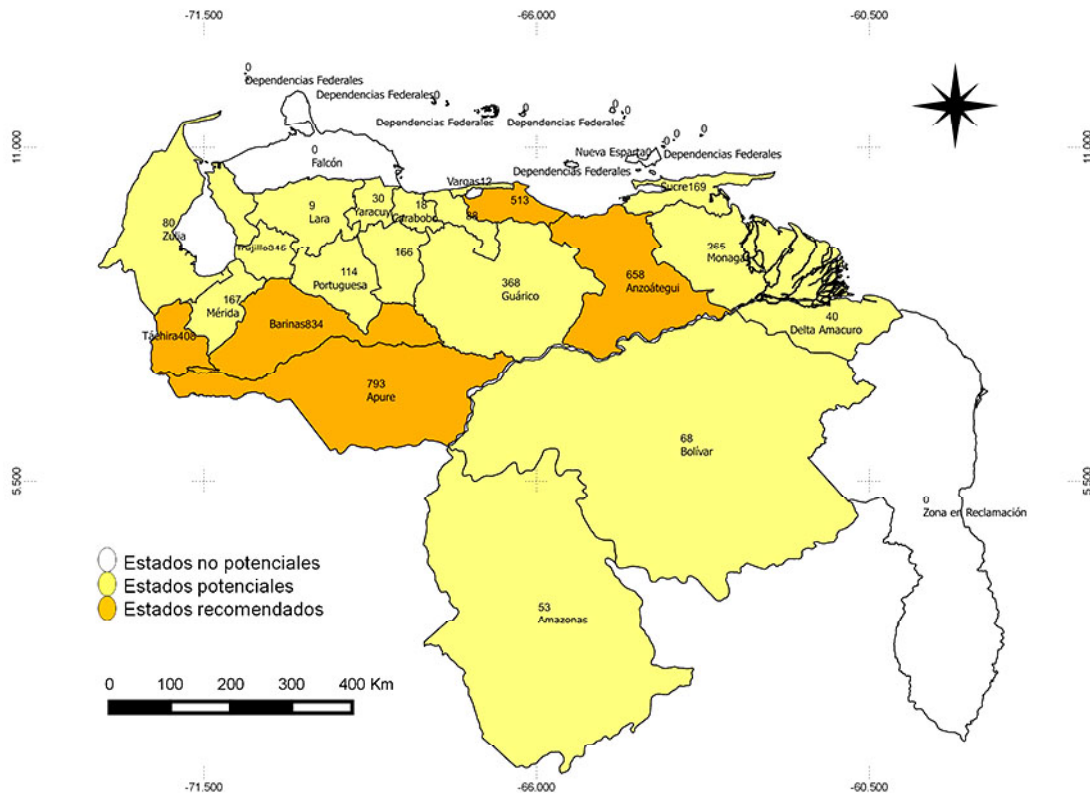


Figura 3. Áreas potenciales en función del número de centros poblados en Venezuela.

Además, Bosque y García (2000) señalan que el uso más común de los SIG es la selección de lugares para situar actividades humanas. En este sentido, el análisis de componentes biológicos, climáticos y sociales (cercanía a centros poblados) propuestos en este trabajo a través de SIG permitió un primer acercamiento a áreas con características deseables para el aprovechamiento del jobo como especie alternativa de consumo. Estos resultados constituyen así un aporte al fortalecimiento de economías locales y de la soberanía alimentaria.

CONCLUSIONES

La cercanía a los centros poblados es determinante para estimular en las comunidades el aprovechamiento de esta especie, favorece el consumo de alimentos locales y la diversificación de la economía.

Los llanos centrales, orientales y occidentales presentan el mayor número de centros poblados cercanos a las áreas potenciales para el aprovechamiento de la especie *S. mombin*.

En estas áreas destacan los estados Barinas, Apure, Anzoátegui, Miranda y Guárico.

El análisis espacial a través de SIG como herramienta metodológica permitió la zonificación de la especie en estudio bajo los criterios seleccionados, constituyéndose así en una aproximación útil, cuando se disponen pocos datos de campo georeferenciados.

AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Grisel Velásquez (Unidad de Sistemas de Información Geográfica del Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)) y la Licenciada María Fernanda Puerto, estudiante de postgrado del Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), por su valiosa asesoría en el uso de Qgis y SIG.

LITERATURA CITADA

Alcántar, JJ; Anguiano, J; Coria, VM; Hernández, G; Ruiz, JA. 1999. Áreas potenciales para

- el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) CV. Hass en el estado de Michoacán, México. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 5:151-154.
- Arce, AR; Monterroso, AI; Gómez, JD; Cruz, A. 2017. Mexican plums (*Spondias* spp.): their current distribution and potential distribution under climate change scenarios for Mexico. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 23(1):5-19.
- Bhag, M. 1994. Underutilized grain legumes and pseudocereals. Their potentials in Asia. Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA). Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), Bangkok, Thailand. 162 p.
- Bosque, J; García, R. 2000. El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 20:49-67.
- Bravo, M; Arteaga, MI; Herrera, F. 2017. Bioinventario de especies subutilizadas comestibles y medicinales en el norte de Venezuela. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 16(4):347-360.
- Burrough, PA; McDonnell, R. 1998. Principles of Geographic Information Systems. Oxford, University Press. 33 p.
- Ceballos, AP; López, J. 2010. Delimitación de áreas adecuadas para cultivos de alternativa: una evaluación Multicriterio-SIG. *Terra latinoamericana* 28:109-118.
- Dzendoletas, MA. 2015. Determinación y análisis de áreas de potencial conflicto en el uso del suelo en el ejido municipal de San Carlos de Bariloche, Río Negro, Patagonia, Argentina, utilizando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Memoria XIV Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica, Parte II. *Revista Ciencias Espaciales (Otoño)* 8(2):227-242.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2001. Tratado sobre los recursos fitogenéticos (en línea). Consultado 20 jul. 2013. Disponible en prensa FAO en: http://www.fao.org/WAICENT/OIS/PRESS_NE/PRESSspa/2001/prsp0181.htm
- Francis, JK. 1992. *Spondias mombin* L. Hogplum. SO-ITF-SM-51. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- Galacho, FB; Ocaña, C. (2006). "Tratamiento con SIG y técnicas de evaluación multicriterio de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanísticos: residenciales y comerciales". En XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, 19- 22 de septiembre, Granada. 1509-1525 p.
- Hijmans, RJ; Cameron, SE; Parra, JL; Jones, PG; Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* (en línea). 25: 1965-1978. Consultado 20 jul. 2013, Disponible en: www.worldclim.org/bioclim
- Huber, O; Alarcón, C. 1988. Mapa de vegetación de Venezuela. 1: 2.000.000. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2014. Consultado 18 jul. 2014. Disponible en: www.gbif.org.
- INN (Instituto Nacional de Nutrición). 2010. Hoja de balance de alimentos 2010. República Bolivariana de Venezuela (en línea). Ministerio del poder popular para la alimentación. Caracas Venezuela. Consultado 18 jul. 2014. Disponible en línea: <http://www.inn.gob.ve/pdf/sisvan/hba2010.pdf>
- Kostermans, AJ. 1991. Kedondong, Ambarella, and Amra: The *Spondiaceae* (*Anacardiaceae*) in Asia and the Pacific Area. Herbarium Bogoriense. Bogor, Indonesia. 100 p.
- Martínez, SM; Prieto, JA. 201. Determinación de áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en el norte de México. INIFAP. Folleto técnico número 47. Durango, Dgo., México. 35 p.

- Martelo, MT. 2003. La precipitación en Venezuela y su relación con el Sistema Climático. Venezuela: Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología, Dirección General de Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. Caracas, Venezuela. 72 p.
- Mayes, S; Massawe, FJ; Alderson, PG; Roberts, JA; Azam-Ali, SN; Hermann M. 2012. The potential for underutilized crops to improve security of food production. *Journal of Experimental Botany* 63:1075-1079.
- Miller, A; Knouft, J. 2006. Gis-based characterization of the geographic distributions of wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree, *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). *American Journal of Botany* 93:1757-1767.
- Moreira, A. 1996. Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Ambiente y desarrollo: Volumen XII- N° 2*, p. 80 - 86.
- Muñoz F, HJ; Sáenz R, JT; García S, JJ; Hernández M, E; Anguiano C, J. 2011. Áreas potenciales para establecer plantaciones forestales comerciales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forrestales* 2(5):29-44.
- Njoku, PC; Akumefula, MI. 2007. Phytochemical and nutrient evaluation of *Spondias mombin* Leaves. *Pakistan Journal of Nutrition* 6(6):613-615.
- Padulosi, S; Hoeschle, I. 2004. Underutilised plant species: What are they?. *LEISA* 20(1):5-6.
- Padulosi, S; Heywood, V; Hunter, D; Jarvis, A. 2011. Underutilized species and climate change: current status and outlook. En: Yadav SS, Redden RJ, Hatfield JL, Lotze-Campen H, Hall AE, eds. *Crop adaptation to climate change*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell:507-521.
- QGIS Development Team. 2009. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Consultado 18 jul. 2014 Disponible <http://qgis.osgeo.org>
- Ramírez, BC; Pimienta, E; Castellanos, J; Muñoz, A; Palomino, G. 2008. Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. *Revista de Biología Tropical* 56(2):675-687.
- Rodríguez, JP; Zambrano, S; Lazo, R; Oliveira, MA; Solórzano, LA; Rojas, F. 2005. *Fronteras* (en línea). 1^{era} edición. Caracas, Venezuela. Consultado 18 jul. 2014 Disponible www.ecosig.org.ve.
- Scheldeman, X; Rojas, W; Valdivia, R; Peralta, E; Padulosi, S. 2003. Retos y posibilidades del uso de especies olvidadas y subutilizadas en un desarrollo sostenible. En: *Memorias del XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos*, Cochabamba, Bolivia. p. 8.
- Tiburski, JH; Rosenthal, A; Deliza, RR; Godoy, LO; Pacheco, S. 2011. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondia mombin* L.) pulp. *Food Research International* 44:2326-2331.

NOTA TÉCNICA

***Coptera barinensis* Montilla y García nom. nov. para *Coptera carinata* Montilla y García, 2008 (Hymenoptera: Diapriidae, Psilini)**

***Coptera barinensis* Montilla y García nom. nov. for *Coptera carinata* Montilla y García, 2008 (Hymenoptera: Diapriidae, Psilini)**

Rafael P. Montilla Coronado¹, José L. García Rodríguez²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela. ²Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía (FAGRO), Maracay, Venezuela. Correo electrónico: rmoncor7@gmail.com

RESUMEN

La identificación correcta de las especies es fundamental para cualquier investigación. En este sentido el presente trabajo busca corregir una situación de homonimia en el género *Coptera*, parasitoide importante de moscas plagas de cultivos frutales. En el año 2006 Rajmohana describió a *Coptera carinata* de la región Afrotropical, para el año 2008 Montilla y García describieron una especie de *Coptera* del Neotropico que fue incluida en el “grupo artificial de especies paradoxa”, con nombre idéntico al utilizado por Rajmohana. De esta forma, el nombre de *Coptera carinata* Montilla y García, 2008, debe ser cambiado para evitar la homonimia, de allí que se propone como nuevo nombre el de *Coptera barinensis* nom. nov. Montilla y García, 2008. Adicionalmente, en esta publicación el macho de *Coptera barinensis* nom. nov. es descrito e ilustrado.

Palabras clave: Neotropico, parasitoide pupal, proctotrupeoidea, taxonomía, Venezuela.

ABSTRACT

The correct identification of the species is fundamental for any investigation. In this sense, the present work seeks to correct a situation of homonymy in the genus *Coptera*, an important parasitoid of flies pests of fruit crops. In the year 2006 Rajmohana described *Coptera carinata* of the Afrotropical region, for the year 2008 Montilla and Garcia described a species of *Coptera* of Neotropical region, that was included in the “artificial group of species paradoxa”, with identical name to the one used by Rajmohana. In this way, the name of *Coptera carinata* Montilla and García, 2008, must be changed to avoid homonymy, hence the name of *Coptera barinensis* nom. nov. Montilla and García, 2008. Additionally, in this publication the male of *Coptera barinensis* nom. nov. It is described and illustrated.

Key words: Neotropics, proctotrupeoidea, pupalparasitoid, taxonomy, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Coptera Say, 1836 (Hymenoptera, Diapriidae) es un género de distribución mundial (Muesebeck, 1980; Johnson, 1992; Notton, 2014) y sus especies se han encontrado en diversos hábitats (García, 1995; García y Montilla, 2001; Montilla y García, 2008), estudios de biodiversidad aportan información sobre su distribución (Loiácono y Margaría, 2002). Existen reportes de intentos de introducción a otros países con fines de control de moscas plagas (Clausen, 1940; Kazimirova y Vallo 1992), y para el establecimiento de especies de *Coptera* (Hogsette *et al.* 1994; Baeza *et al.* 2002; Trostle 2005), así como de establecer relaciones de parasitoidismo con diferentes familias de Diptera (Aguiar-Menezes *et al.* 2003; Arias-Penna 2003; Hernández-Ortiz *et al.* 2006; Muñiz *et al.* 2011).

Se han realizado diversos estudios para evaluar el potencial de algunas especies de *Coptera* como posibles agentes de control biológico, con la finalidad de que las mismas puedan ser incluidas en programas de protección vegetal (Sivinski *et al.* 1998; Aluja *et al.* 2009; Forbes *et al.* 2012; Cancino *et al.* 2012). La Información sobre la taxonomía de *Coptera* puede ser encontrada en Kieffer (1916), Muesebeck (1980), Loiácono (1981), Johnson (1992), Loiácono y Díaz (1996), Yoder y Wharton (2002), Masner y García (2002), Notton (2004), Rajmohana (2006), Montilla y García (2008) y Notton (2014).

El conocimiento de las especies es el punto inicial de toda investigación biológica, y más cuando se trata de planes de manejo integrado de plagas o de estudios de indicadores ecológicos. Así *Coptera* es estudiado, con el fin de identificar correctamente sus especies en el trópico, región señalada como una de las megadiversas del planeta.

Coptera carinata fue el nombre utilizado por Montilla y García (2008) para describir una de las especies del género en el Neotrópico, la cual fue incluida en el "grupo artificial de especies paradójica", la publicación del trabajo ocurre en el año 2008, presentándose el caso, de que dicho nombre ya había sido adjudicado a una especie de *Coptera* de la Región Afrotropical por Rajmohana (2006), por lo tanto de acuerdo al artículo 23.1 y 60.3 del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN, 1999),

se procedió a asignar un nuevo nombre a la especie Neotropical, que se denominará *Coptera barinensis* nom. nov., cuya etimología deriva de la localidad típica de colecta.

MATERIALES Y MÉTODO

Se realizó una revisión del material entomológico de la especie preservada en las colecciones del Museo de Insectos del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA) Francisco Fernández Yépez de la Universidad Central de Venezuela (UCV); el Museo de Artrópodos de La Universidad del Zulia (MALUZ) y la colección entomológica del Museo Dr. José Manuel Osorio (MJMO) del Decanato de Agronomía de la Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado (UCLA). De igual manera se revisó el material proveniente de colectas recientes de tres biorregiones: Cordillera de la Costa Oriental, Los Llanos, y del Macizo Guayanés.

Para la identificación de las especies, se utilizaron las claves de Montilla y García (2008), Kieffer (1916) y Muesebeck (1980) y por comparación con el ejemplar hembra (Holotipo) depositada en el MIZA. Para las observaciones de los ejemplares, se utilizó una lupa estereoscópica Leica M420, oculares de 10X, macrozoom 1,5X, con aumento de 32X y duplicador 2X. Las fotografías fueron realizadas utilizando una cámara de video digital marca SONY HAD, acoplada por un tubo ocular 1,25X a la lupa descrita, y arregladas utilizando los programas de fotografías IMAGE-PRO Express, Versión 4.0, 1993-199, e Image stacking software Combine ZP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se decidió notificar el cambio de nombre de la especie Neotropical *Coptera carinata* de Montilla y García 2008 por el de *Coptera barinensis* nom. nov., de tal manera de evitar la homonimia y ajustarse al Código Internacional de Nomenclatura Zoológico.

De la revisión del material recientemente colectado se encontró un ejemplar macho de la especie, su descripción se presenta a continuación:

***Coptera barinensis* Montilla y García nom. nov.**

Diagnosis (♂): cabeza en vista dorsal notoriamente transversa (Figura 1); diente frontal medio fusionado al diente entre los toruli; vértice fuertemente aquillado longitudinalmente hasta su margen posterior, terminando en la carena occipital en un proceso espiniforme; en vista lateral con postgena muy angosta; margen postocular con numerosas y fuertes punturas (Figura 2). Antena de apariencia clavada, longitud de A3 tres veces su ancho (12:4) y tan largo como A14, A7-A12 con el lado posterior plano y con setas sensoriales muy cortas y densas (Figura 4); disco escutelar plano y liso; carenas propodeales dispuestas en forma de campana, confluentes antes del margen anterior del segmento (Figuras 6 y 8); peciolo muy corto, con carena media muy corta y ahusada (Figura 9); T2 con carenas, estrías o carenillas paralelas al surco medio longitudinal (Figuras 9 y 10).

Descripción. Tamaño mediano (3,0 mm). Cuerpo castaño oscuro, excepto A2-A7, los cuales son distalmente anaranjados o castaño claro; alas ahumadas o bronceadas. Pelos

largos dispersos en el cuerpo y en A1, A8-A14, y tégulas.

CABEZA. En la Figura 1 vista dorsal ancho 1,5 veces el largo (26:41); ojos muy prominentes; corona frontal a la altura de los planos laterales de la frente, de apariencia pentagonal. Dientes frontales laterales y externos muy pequeños y romos; los dientes ocelares ausentes; área entre los ocelos muy reducida y lisa, carena intraocelar con una proyección medial fuerte, que se continua con una carena media en el vértice; vértice angosto, margen posterior con fuertes punturas setíferas; carenas laterales del vértice fundiéndose con el reborde del margen postocular; carena occipital fuertemente sinuosa, dorsalmente puntiaguda, sin proyecciones laterales; temples fuertemente convergentes; flanco occipital con múltiples punturas.

Cabeza en vista lateral ligeramente más alta que larga (34:30), Figura 2; borde anterior de la corona frontal fuertemente inclinada; vértice posteriormente más alto que anteriormente; ojos oblongos (23:16); postgena lisa, más angosta que la mitad del ancho del ojo (3:16); tabique facial medialmente deprimido.

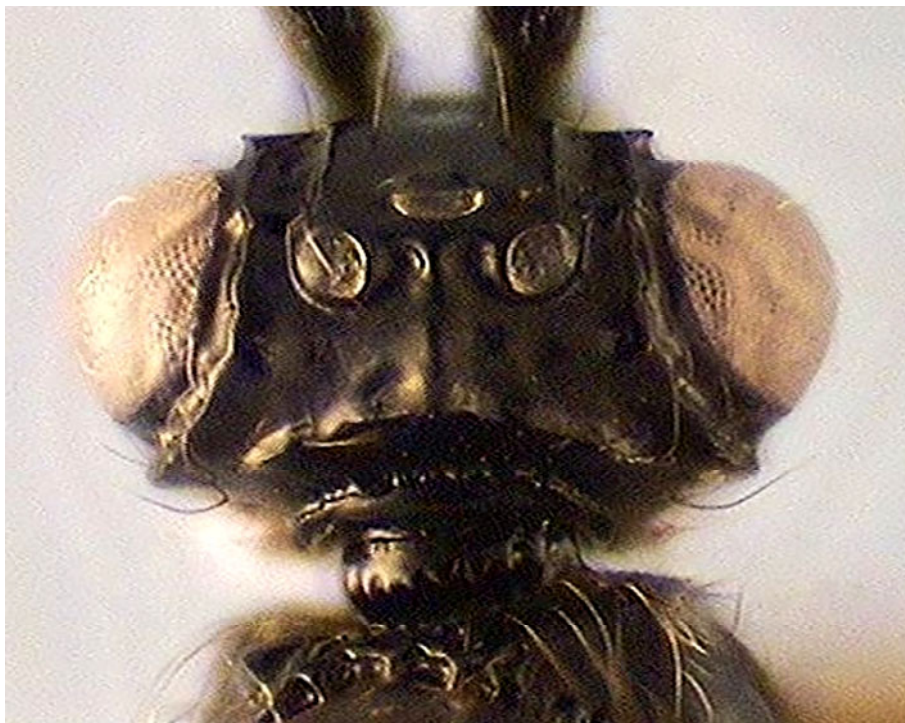


Figura 1. *Coptera barinensis*. Cabeza en vista dorsal.



Figura 2. *Coptera barinensis*. Cabeza en vista lateral.

Cabeza en vista frontal con cara ligeramente más ancha que el ancho del ojo (19:16), Figura 3; espacio malar estrecho y liso; lóbulos de la placa antenal con fuerte depresión medial, anteriormente lisos, lateralmente con punturas; mesa facial lisa, con margen anterior redondeado, el posterior plano y liso, de apariencia rectangular; cuencas faciales profundas, limitadas externamente por una gruesa carena desde la placa antenal hasta el margen inferior del ojo.

Antena semejante a las hembras de la especie (Figura 4), ligeramente más corta (2,8 mm) que el largo del cuerpo, flagelo con pilosidad larga dispersa, pilosidad corta medianamente densa; A3-A14 con ligera disminución gradual de su longitud e incrementando su ancho, excepto A9-A12 que mantiene su ancho; A1 fuertemente carenado, truncado, con finas punturas y pilosidad larga dispersa, cara externa con margen distal recto, expansión angulosa (Figura 5); cara anterior fuertemente crenulada; margen distal recto; cara interna hendida en el margen apical, expansión angulosa; A3 dos veces el largo de A2, ligeramente más largo que A4,

distalmente con débil depresión; A4 basalmente con espina pequeña y roma. Proporción relativa de los antenómeros: (20:7); (6:5); (12:4); (11:4); (10:4); (9,5:4); (9:5); (8:5,5); (8:6); (8:6); (8:6); (8:6); (8:5); (12:5).

MESOSOMA. En vista dorsal el cerviz rugoso pronoto muy delgado, con fuertes punturas en la zona media, con una cresta medial, que separa a una hilera de finas punturas setíferas en el margen posterior, las cuales se disponen anteriormente a la sutura promesonotal; hombros pronotales rectos.

Escuto fuertemente abultado medialmente; notauli gruesos, rectos, tan anchos en la sutura transcutal como en su longitud (Figura 6); área entre notauli más ancho que la abertura de una fóvea escutelar anterior (7:5).

Escutelo el margen anterior medialmente más elevado que las axilas (Figura 6); fóveas axilares anteriores ausentes; fóveas axilares laterales representadas por par de punturas setíferas en cada lado; margen posterior de las fóveas escutelares anteriores redondeado; margen anterior del septo escutelar anterior redondeado;



Figura 3. *Coptera barinensis*. Cabeza en vista frontal.



Figura 4. *Coptera barinensis*. Antena.



Figura 5. *Coptera barinensis*. Detalle de antena: A1, A2.

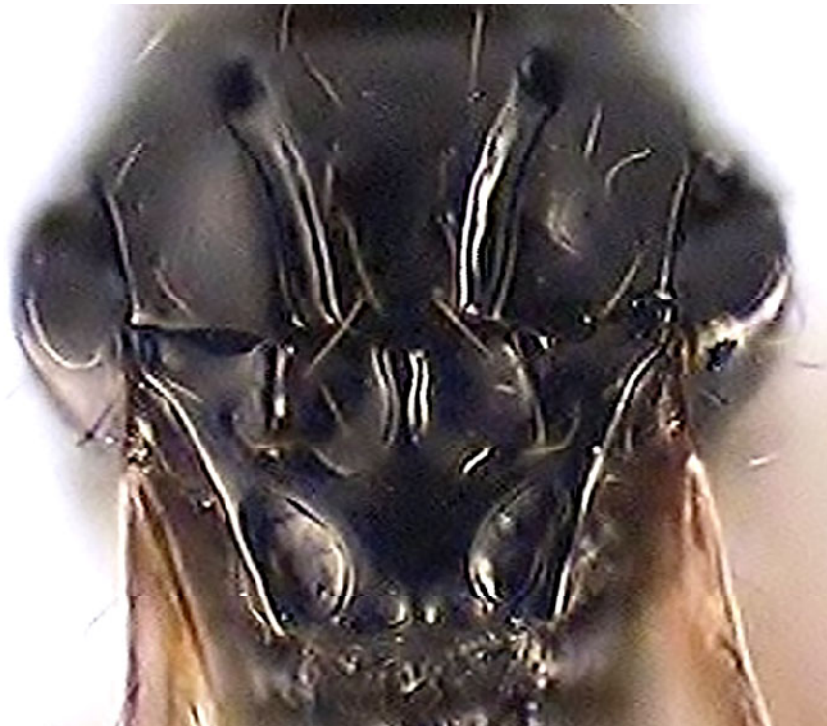


Figura 6. *Coptera barinensis*. Mesonoto, Escuto, Escutelo.

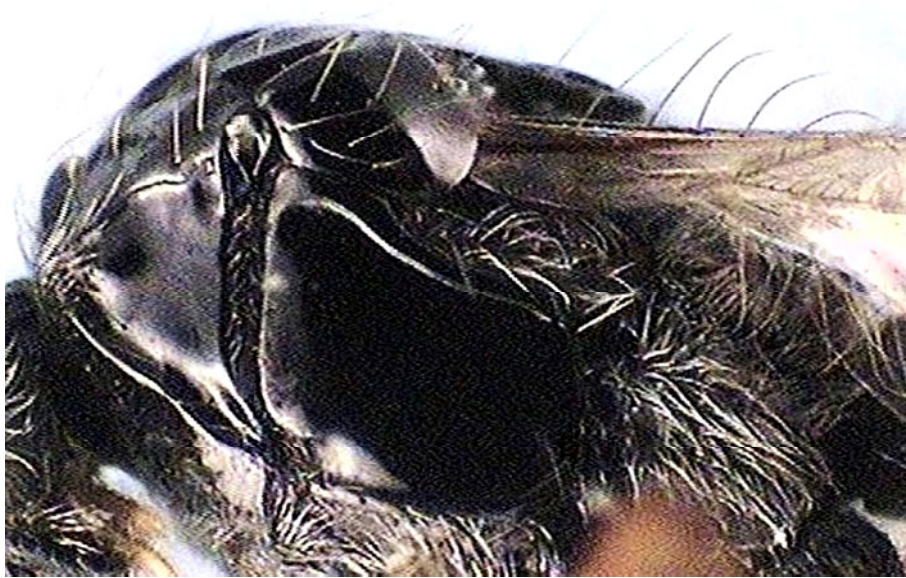


Figura 7. *Coptera barinensis*. Mesosoma: vista lateral.

fóveas escutelares laterales oblongas; fóveas escutelares posteriores ovaladas y separadas por un tabique tan ancho como el que las separa de las fóveas escutelares laterales; margen posterior del escutelo en vista dorsal subcuadrado, en vista lateral biselado. Tégulas con finas punturas; alas pilosas, profundamente hendidas, con cilios marginales cortos.

Metanoto con la quilla media ligeramente más alta que las quillas laterales y tan alta como la quilla propodeal (Figura 6); Propodeo con una carena contrapuesta a las propodeales en el margen posterior; quilla media propodeal roma; esquinas postero-laterales crenuladas (Figuras 8, 9).

MESOSOMA. En vista lateral la propleura angular (Figura 9), una puntura setígera cerca del espiráculo protorácico; epomio carenado hasta cerca del espiráculo, glabro; Puntura epicnemial de la mesopleura fuerte y pilosa; sternaulo grueso y con setas largas dispersas.

METASOMA. Peciolo tan largo como ancho (16:16), Figura 9, distal y lateralmente con pilosidad larga y dispersa; carenas laterales sinuosas; en vista lateral y ventral densamente piloso. Margen anterior del T2 fuertemente elevado (Figuras 9, 10), con hendidura media bien abierta; surco medio longitudinal, bien

abierto en su extensión, más corto que la mitad de la longitud del T2 (22:59).

Material estudiado: un ejemplar ♂. Venezuela: Barinas, Altamira. 1000 m. 23-X-2014. Col.: F. Díaz, R. Paz. Cultivo Cacao. T. amarilla. Resguardado en el Museo del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA), Facultad de Agronomía (FAGRO), de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracay, estado Aragua, Venezuela.

Etimología: nombre asignado por la localidad típica de Barinas, el cual corresponde al nombre de la capital y del estado de Barinas, Venezuela.

Distribución: Venezuela: Aragua: Choroní; Barinas: Altamira; Amazonas: La Esmeralda.

Biología: no se conocen sus hospederos.

Discusión: *C. barinensis* es una especie rara en las colectas que se han realizado, sin embargo los registros de captura de la hembra y ahora del macho, señalan que esta especie se distribuye hacia el centro y el occidente de la ecorregión Cordillera de la Costa Central (PDVSA, 1992; MARNR, 2001), y hacia los límites de la ecorregión Llanos Occidentales con la Biorregión Cordillera Andina, a alturas por debajo de los 1150 m.s.n.m. También se ha encontrado en otras localidades diferentes a las evaluadas.



Figura 8. *Coptera barinensis*. Propodeo: vista dorsal.



Figura 9. *Coptera barinensis*. Propodeo-tergo 2, vista dorsal.



Figura 10. *Coptera barinensis*. Tergo 2, vista dorsal.

Variación: la hembra (Montilla y García, 2008), se diferencia del macho en los siguientes caracteres: color del cuerpo, clava antenal y coxas negras; fémures y tibias con la mitad basal castaño claro, resto de las patas castaño oscuro. A3 cuatro veces más largo que ancho; Margen posterior del escutelo ligeramente curvado. Quilla media del metanoto de igual altura que las quillas laterales; Peciolo 1,5 veces más largo que ancho, con todas sus carenas rectas y completas. Carenillas o estrías ausentes en el T2.

Notas comparativas: *C. barinensis* Montilla y García se asemeja a *Coptera yutajensis* Montilla 2008 y a *Coptera surumoniensis* Montilla y García 2008, en la quilla longitudinal presente en el vértice, pero se diferencia de *C. yutajensis* 2008, porque en esta especie la quilla recorre todo el vértice, y la cabeza es menos transversa, de *C. surumoniensis* porque en esta especie la cabeza es ligeramente más ancha que larga, flanco occipital liso, foveas axilares ausentes. También puede parecerse en la cabeza a *Coptera carinata* Rajmohana and Narendran 2006, pero se diferencia porque en esta especie A3-A11 son subiguales en longitud y son aproximadamente dos veces tan largos como anchos.

LITERATURA CITADA

- Aguiar-Menezes, E; Loíacono, M. 2003. First record of *Coptera haywardi* Loíacono (Hymenoptera: Diapriidae) as a parasitoid of fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Brazil. *Neotropical Entomology* 32(2):355-358.
- Arias-Penna, T. 2003. Lista de géneros y especies de la superfamilia Proctotrupeoidea (Hymenoptera) de la región Neotropical. *Biota Colombiana* 4(1):3-32.
- Aluja, M; Sivinski, J; Ovruski, S; Guillén, L; López, M; Cancino, J; Torres, A; Gallegos, G; Ruíz, L. 2009. Colonization and domestication of seven species of natives New World hymenopterous larval-preupal and pupal fruit flies (Diptera: Tephritidae) parasitoids. *Biocontrol Science and technology* 19(1):49-79.
- Baeza-Larios, G; Sivinski, J; Holler, T; Aluja, M. 2002. The ability of *Coptera haywardi* (Ogloblin) (Hymenoptera: Diapriidae) to locate and attack the pupae of mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedmann) (Diptera: Tephritidae), under seminatural conditions. *Biological Control* 23:213-218.

- Cancino, J; Liedo, P; Ruíz, L; López, G; Montoya, P; Barrera, J; Sivinski, J; Aluja, M. 2012. Discrimination by *Coptera haywardi* (Hymenoptera: Diapriidae) of hosts previously attacked by conspecifics or by the larval parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Biocontrol Science and Technology* 22(8):899-914.
- Clausen, P. 1940. *Entomophagous Insects*. McGraw – Hill, Book Company Inc. First edition. 688 p.
- Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN). 1999. Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. Ride, WDL; Dupuis, C; Minelli, A; Tubbs, PK; Cogger, HG; Kraus, O; Thompson, FC. (eds.); Alonso-Zarazaga, MA (trad.). 4ta ed. ISBN: 84-607-0588-9. Impreso en España, Madrid. Published by The Natural History Museum – Cromwell Road – London SW7 5BD – UK. 186 p.
- Forbes, A; Satar, S; Hamerlinck, G; Nelson, A; Smith, J. 2012. DNA Barcodes and targeted sampling methods identify new species cryptic patterns of host specialization among North American *Coptera* (Hymenoptera: Diapriidae). *Annals Entomology Society of America* 105(4):608-612.
- García, JL. 1995. Estudio de los Proctotrupeoides. I. (Insecta: Hymenoptera) de Venezuela. Clave para la separación de los géneros. Trabajo de ascenso a la categoría de profesor titular de la Universidad Experimental Simón Rodríguez. Maracay, Venezuela. 203 p.
- García, JL; Montilla, R. 2001. *Coptera haywardi* Loíacono (Hymenoptera: Diapriidae) Parasitoides de Pupas de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) en Venezuela. *Entomotropica* 16(3):191-195.
- Hernández-Ortiz, V; Delfin, H; Escalante, A; Manrique, P. 2006. Hymenopterans parasitoids of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared from different hosts in Yucatán, Mexico. *Florida Entomologist* 89(4):508-515.
- Hogsette, J; Farkas, R; Coller, R. 1994. Hymenopteran pupal parasites recovered from house fly and stable fly (Diptera: Muscidae). Pupae collected on livestock and poultry facilities in Northern and Central Hungary. *Environmental Entomology* 23(3):778–781.
- Johnson, N. 1992. Catalog of world species of Proctotrupeoidea, exclusive of Platygastriidae (Hymenoptera). *Memoirs of the American Entomological Institute* 51:1-825.
- Kazimirova, M; Vallo, V. 1992. Influences of larval density of Mediterranean fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on parasitism by a pupal parasitoid, *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Proctotrupeoidea, Diapriidae). *Acta Entomologica Bohemoslov* 89:179-185.
- Kieffer, JJ. 1916. Diapriidae. *Das Tierreich* 44, pp. vi - xxx, 1-627, Berlin.
- Loíacono, M. 1981. Notas sobre Diapriinae Neotropicales (Hymenoptera: Diapriidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 40(1-4):237-241.
- Loíacono, M; Díaz, N. 1996. Los ejemplares tipo de Proctotrupeoidea y Ceraphronoidea (Hymenoptera) depositados en la colección del Museo de La Plata. *Revista del Museo de La Plata, serie técnica y didáctica* 23:1-13.
- Loíacono, M; Margaria, C. 2002. Systematics, Morphology and Physiology of the Ceraphronoidea, Platygastroidea and Proctotrupeoidea from Brazil (Hymenoptera). *Neotropical Entomology* 31(4):551-560.
- Másner, L; García, JL. 2002. The Genera of Diapriinae (Hymenoptera: Diapriidae) in the New World. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. New York, USA. N° 268. 138 p.
- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 2001. Estrategia nacional sobre Diversidad Biológica y su plan de Acción. Caracas, Venezuela. 135 p.
- Montilla, R; García, JL. 2008. Nuevas especies de *Coptera* Say (Hymenoptera:

- Proctotrupeoidea: Diapriidae: Psilini) para Venezuela. *Entomotropica* 23(1):43-95.
- Muesebeck, C. 1980. The Nearctic parasitic wasps of the genera *Psilus* Panzer and *Coptera* Say (Hymenoptera: Diapriidae). Department of Agriculture of the United States. Technical Bulletin 1617. 71 pp.
- Muñiz-Reyes, M; Lomeli-Flores, J; Sánchez-Escudero, J. 2011. Parasitoides nativos de *Rhagoletis pomonella* Walsh (Diptera: Tephritidae) en tejocote *Crataegus* spp. en el centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* (ns.) 27(2):425-440.
- Notton, D. 2004. A catalogue of types of Diapriinae (Hymenoptera, Diapriidae) at the National Museum of Natural History, Paris, with notes on the classification of Diapriinae and brief history of types of Jean-Jacques Kieffer (1856-1925). *Zoosystema* 26(2):315-352.
- Notton, D. 2014. A catalogue of the types of Diapriinae (Hymenoptera, Diapriidae) at the Natural History Museum, London (en línea). Consultado 23 oct. 2015. *European Journal of Taxonomy* 75:1-123. Disponible en: www.europeanjournaloftaxonomy.eu/http://dx.doi.org/10.5852/ejt.2014.75.
- Petróleos de Venezuela S. A. (PDVSA). 1992. Imagen de Venezuela. Una visión espacial. Petróleos de Venezuela S. A. Caracas. 271 p.
- Rajmohana, K. 2006. Studies of Proctotrupeoidea and Platygastroidea (Hymenoptera: Insecta) of Kerala (en línea). Consultado 16 feb. 2012. *Memoirs Zoological Survey of India* 21: 1-153 p. Disponible en: www.printsasias.com/books/studies...8181711017-9788181711014.
- Sivinski, J; Vulinec, K; Menezes, E; Aluja, M. 1998. The bionomics of *Coptera haywardi* (Ogloblin) (Hymenoptera: Diapriidae) and other pupal parasitoids of tephritid fruit flies (Diptera). *Biological Control* 11:193-202.
- Trostle, M. 2005. Classical biological control of mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann), (Diptera: Tephritidae): natural enemy exploration and nontarget testing. Submitted to Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Major Subject: Entomology. 211 p.
- Yoder, M; Wharton, R. 2002. Nomenclature of African Psilini (Hymenoptera: Diapriidae) and status of *Coptera robustior*, a parasitoid of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *The Canadian Entomologist* 134:561-576.