



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 2 Núm. 1 Enero-Junio, 2015

ISSN: 2007-9559

Revista Mexicana de Agroecosistemas



Oaxaca, Volumen II, Número 1, 2015

Foto: *Hongo del bosque de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca*



Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca



Revista Mexicana de Agroecosistemas

REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS, Vol. 2, Núm. 1, enero-junio 2015, es una publicación de la Secretaría de Educación Pública-Tecnológico Nacional de México, editada a través del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca por la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-060211581800-203 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsables de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez y Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788, www.itvalleoaxaca.edu.mx, rmae.itvo@gmail.com. Fecha de última modificación, 07 de agosto de 2015.

Su objetivo principal es difundir los resultados de investigación científica de las áreas agropecuaria, forestal, recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas, ambientales y socioeconómicas.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución.; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.



Comité Editorial

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo (DEPI-ITVO)

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz (DEPI-ITVO)

Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez (DEPI-ITVO)

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle (DEPI-ITVO)

Dr. Salvador Lozano Trejo (DEPI-ITVO)

Dr. Vicente A. Velasco Velasco (DEPI-ITVO)

Dr. Yuri Villegas Aparicio (DEPI-ITVO)

Dra. Gisela M. Santiago Martínez (DEPI-ITVO)

Dra. Gisela V. Campos Ángeles (DEPI-ITVO)

Dra. Marta P. Jerez Salas (DEPI-ITVO)

M.C. Gustavo O. Díaz Zorrilla (DEPI-ITVO)

M.C. Judith Ruíz Luna (DEPI-ITVO)

M.C. María Isabel Pérez León (DEPI-ITVO)

Coordinación editorial

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz

Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez

Dr. Yuri Villegas Aparicio



Diseño de portada

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz/ Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez

Comité de arbitraje en este número

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo (DEPI-ITVO)

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz (DEPI-ITVO)

Dr. Jorge Hernández Bautista (UABJO)

Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez (DEPI-ITVO)

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle (DEPI-ITVO)

Dr. Vicente A. Velasco Velasco (DEPI-ITVO)

Dr. Yuri Villegas Aparicio (DEPI-ITVO)

Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles (DEPI-ITVO)

M.C. Gustavo O. Díaz Zorrilla (DEPI-ITVO)

M.C. Judith Ruíz Luna (DEPI-ITVO)

M.C. María Isabel Pérez León (DEPI-ITVO)



Prólogo

La “Revista Mexicana de Agroecosistemas” (RMAE) surgió de una propuesta del Consejo del Postgrado del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Su objetivo es difundir los resultados generados del esfuerzo de alumnos e investigadores del Programa de Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas que se imparte en este Instituto, y de las Licenciaturas en Biología e ingeniería en Agronomía y Forestal. Esta revista científica (RMAE) contempla las áreas agrícola, pecuaria, forestal y recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas ambientales y socioeconómicas.

Por ello, se hace la invitación a alumnos, académicos e investigadores para que utilicen este espacio para publicar sus resultados de investigación relacionados con estas áreas. Los manuscritos se pueden enviar de acuerdo con las normas publicadas en el Vol. 1, Núm. 1 (2014) y pueden ser de tres tipos: artículo científico, ensayo libre (artículos de revisión, notas técnicas, nuevas variedades, especies, etc.) y nota informativa. Todos los manuscritos se someterán a arbitraje y a edición. Deberán ser originales e inéditos, de alta calidad, acordes con las normas indicadas en el volumen 1, número 1 y que no se hayan publicado o se vayan a publicar en otra revista.

En este número presentamos editados como artículos de investigación, aspectos relevantes al cultivo de cebolla y hongos, alternativas en el control de mosquita blanca y una aplicación novedosa de modelos de simulación del efecto del cambio climático en la distribución de una especie arbórea; además, un ensayo sobre alimentos formulados para especies acuícolas.

ATENTAMENTE

Comité editorial



Núm.	Contenido	Pág.
	Artículos científicos	
1	Efecto de extractos vegetales en mosquita blanca bajo dos esquemas de aplicación/ Effects of plant extracts in whitefly under two application schemes Perales Segovia Catarino, Janeth Bocanegra García, José Cruz Carrillo Rodríguez, José Luis Chávez Servía, Héctor Silos Espino, Lucila Aguilar Ojedas, Felipe Tafoya Rangel.....	01-07
2	Ajuste del riego en el cultivo de <i>Allium cepa</i> L. con enrolladores viajeros/ Irrigation setting on the <i>Allium cepa</i> L. crop with winder travelers Luperio Barroso Frómata, Ernesto Castañeda Hidalgo, Gerardo Rodríguez-Ortiz, Leónides Peña Rivera, José Lescaille Acosta, Salvador Lozano Trejo, Leudiyanes Ramos Hernández, Gisela M. Santiago Martínez	08-22
3	Uso del bagazo de <i>Agave</i> spp y hojas de maíz para cultivar el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>/ Waste pulp from <i>Agave</i> spp and corn leaves used to growth the mushroom <i>Pleurotus ostreatus</i> Jasciel Chairez-Aquino, José Raymundo Enríquez-del-Valle, Judith Ruíz-Luna, Gisela Virginia Campos-Ángeles, Rosalva Martínez-García	23-28
4	Zonificación ecológica de <i>Pinus oaxacana</i> MIROV y aplicación de modelos de simulación del efecto del cambio climático/ Ecological zoning of <i>Pinus oaxacana</i> MIROV and application of simulation models of the climate change effect Eric Javier Picazo Olmedo, José Cristóbal Leyva López, Paulina Zamora Moreno, Judith Martínez de la Cruz	29-39
	Ensayo	
5	Desarrollo de alimentos formulados para especies acuícolas/ Development of food formulated for aquaculture species Lenin Eleazar Fabián Canseco, Jorge Luis Casas Lemini, Alma Delia Fernández Suárez, Román Rodríguez Flores, Herlindo Ramírez López, Álvaro Chávez Galavíz, Omar Vázquez Lozada, Sergio Duran Alonso	40-48



DIRECTORIO

Mtro. Manuel Quintero Quintero- Director General, Tecnológico Nacional de México (TNM)

Dr. Luis Néstor Coria de los Ríos- Director de Posgrado e Investigación, TNM

M.T.I.C. Herman Calderón Pineda- Director, ITVO

M.C. Judith Ruíz Luna- Subdirección Académica, ITVO

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle- Jefe DEPI-ITVO

Mayores informes:

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Domicilio conocido

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México

C. P. 71230

Tel. y Fax: 01(951) 5170444, 5170788

Correo: rmae.itvo@gmail.com

www.itvalleoaxaca.edu.mx



EFFECTO DE EXTRACTOS VEGETALES EN MOSQUITA BLANCA BAJO DOS ESQUEMAS DE APLICACIÓN¹

[EFFECTS OF PLANT EXTRACTS IN WHITEFLY UNDER TWO APPLICATION SCHEMES]

Perales Segovia Catarino¹, Janeth Bocanegra García², José Cruz Carrillo Rodríguez^{4§}, José Luis Chávez Servía³, Héctor Silos Espino¹, Lucila Aguilar Ojeda⁵, Felipe Tafoya Rangel⁶

¹DEPI, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. ²UNCADER No. 2, Coatepec, Veracruz. ³CIIDIR-IPN, Oaxaca, Oax. ⁴DEPI, Instituto Tecnológico Valle de Oaxaca. ⁵CBTA 103, Cosío, Aguascalientes. ⁶Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes (§Autor para correspondencia: (jcarrillo_rodriguez@hotmail.com)

RESUMEN

Se evaluó el efecto de extractos vegetales comerciales y no comerciales bajo dos formas de aplicación para el manejo de mosquita blanca (*Bemisia tabaco*) en jitomate (*Solanum lycopersicum*). Los tratamientos no comerciales fueron extractos alcohólicos de hojas de higuera (*Ricinus communis*) y acuyo (*Piper auritum*). Como extracto comercial se aplicó Biocrack[®] con dos controles: alcohol y agua en volúmenes equivalentes a los extractos. Cada tratamiento se evaluó en dos formas de aplicación: convencional, como insecticidas sintéticos, y bioactiva con aplicaciones por tres días seguidos. Los criterios de evaluación incluyeron: número de adultos en el cultivo, capturas en trampas pegajosas y rendimiento de jitomate. Una mayor efectividad de control ocurrió con Biocrack[®], que redujo la infestación en 68% e incrementó 10 veces la producción. Seguido de la higuera que disminuyó la infestación en 49% e incrementó cinco veces el rendimiento. La forma más efectiva de aplicación fue la bioactiva de los extractos vegetales.

Palabras clave: *Bemisia tabaco*, *Solanum lycopersicum*, extractos etanólicos, tomate.

ABSTRACT

Commercial and non-commercial plant extracts were evaluated under two forms of application for the management of whitefly (*Bemisia tabaci*) in tomato (*Solanum lycopersicum*). Noncommercial treatments were alcoholic extracts of leaves of “higuera” (*Ricinus communis*) and “acuyo” (*Piper auritum*). Biocrack[®] like as commercial extract was applied with two controls: alcohol and water with equivalent volume to the extracts. Each treatment was evaluated in two applications forms: conventional, as synthetic insecticides, and bioactive applying for three consecutive days. The evaluation criteria included: number of adults in the crop, catch on sticky traps and tomato yield. Higher effectiveness occurred with Biocrack[®], which reduced the infestation in more than 68% and increased ten times the production. The “castor-oil plant” decreased infestation in more than 49% an increased yield more than five times. The most effective application of plant extracts was the bioactive way.

¹ Recibido: 01 de abril de 2015.

Aceptado: 07 de agosto de 2015.

Index words: *Bemisia tabaco*, *Solanum lycopersicum*, tomato, ethanolic extracts.

INTRODUCCIÓN

La mosquita blanca *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae), es una de las plagas de mayor importancia en todo el mundo, por las grandes pérdidas que ocasiona en el cultivo del jitomate, en otras hortalizas y en otras plantas cultivadas (Bleeker *et al.*, 2009). Para México, el jitomate representa una importante entrada de divisas por exportaciones y constituye una fuente de empleo temporal y constante (Vargas y Martínez, 2004). La utilización de insecticidas ya no resuelve la problemática de los insectos plaga, se debe recurrir a programas de manejo integrado y/o agroecológico de plagas, que emplee alternativas de bajo impacto ambiental, como son los extractos vegetales para control de insectos plaga (Laurentin *et al.*, 2003; Zapata *et al.*, 2006; Cook *et al.*, 2007; Degenhardt, 2009).

Los efectos de los metabolitos secundarios de los extractos vegetales sobre los insectos plaga se pueden evaluar en tres espacios: laboratorio, tales como electroantenógrafo (Sánchez *et al.*, 2006), túnel de viento y diferentes tipos de bioensayos (Gutiérrez *et al.* 2008; Werdin *et al.*, 2008; Franca *et al.*, 2009); espacios protegidos como invernadero (Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2008), casa sombra, macrotúnel, etc. (Lopes-Baldin *et al.*, 2007) y en campo (Jesús *et al.*, 2009). La mayoría de los trabajos publicados se han efectuado en laboratorio (Brito *et al.*, 2006; Ateyyat and Abu-Darwish, 2009), seguidos por los realizados en espacios protegidos y los menos en campo.

Los mismos efectos de los extractos son muy diferentes, dependiendo de los espacios en que se aplican, siendo más efectivos en los estudios de laboratorio (Cirigliano *et al.*, 2008; Descamps *et al.*, 2008; Hatem *et al.*, 2009;), menos efectivos en espacios protegidos y mínimo a campo abierto. La forma de aplicación también influye de manera importante en la efectividad de los extractos vegetales para el control de plagas. En laboratorio, aunque se aplican como si fueran insecticidas organosintéticos (Ballesta-Acosta *et al.*, 2008; Huerta *et al.*, 2008; Silva-Barbosa *et al.*, 2009), es común que tengan otros efectos como repelentes, antialimentarios, hiperexcitación, alteración de la muda, etc. (Reddy and Guerrero, 2004; Bleeker *et al.*, 2009; Stefanazzi *et al.*, 2006).

Por ello se consideran como “plaguistáticos” (Rodríguez, 2007) ya que no buscan matar, sino mantener las poblaciones de plagas por debajo del umbral económico. Por esta razón, los extractos vegetales se deben aplicar de manera continua, hasta lograr el efecto deseado como compuestos bioactivos. Es por esto que se deben promover nuevas formas de aplicación de los extractos vegetales para el manejo de plagas. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de los extractos vegetales comerciales y no comerciales, en el manejo de mosquita blanca en jitomate considerando también la forma de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el municipio de Coatepec ubicado al sureste del estado de Veracruz. La zona de estudio se ubicó entre las coordenadas 19° 27' de latitud norte y 02° 10'41" de longitud este, con una altitud promedio de 1252 m. El experimento se estableció en el área de invernaderos del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Unidad de Capacitación para el Desarrollo Rural (UNCADER). Se utilizó el jitomate híbrido Mónica, bajo

un sistema de fertirriego con base en las fórmulas 12-43-12, 19-19-19 y 13-6-40 de N-P-K, más una aplicación semanal de nitrato de calcio. El experimento se ubicó en un invernadero rústico cubierto con plástico solo en la parte superior, para permitir la infestación de mosquita blanca.

Se realizaron dos experimentos según la forma de aplicación: convencional y bioactiva. Los tratamientos fueron: dos extractos naturales de higuera *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) y acuyo *Piper auritum* (Piperaceae), en tres concentraciones de alcohol etílico (al 96%) de 5, 10 y 20% (50, 100 y 200 g de hojas de hojas secas a la sombra respectivamente). También se aplicó un extracto comercial, Biocrack® (Berni Labs), con base en ajo, ruda y tomillo, a dosis de 2, 4 y 6 ml/L. Tres testigos: agua, alcohol etílico y un testigo absoluto sin aplicación. Se utilizó un diseño completamente al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones en arreglo factorial.

Las variables evaluadas fueron: infestación de mosquita blanca con visor, trampa amarilla pegajosa y rendimiento promedio de cinco plantas por unidad experimental. El visor consistió en una cubeta de plástico de 20 L, con una abertura cuadrada (20 × 20 cm) y cubierta con plástico transparente. Las evaluaciones consideraron el promedio de cinco plantas. Durante el primer experimento se aplicaron los extractos como insecticidas organosintéticos, dos aplicaciones por semana, a partir del momento en que se detectaron los primeros adultos de mosquita blanca en el jitomate hasta el momento de la cosecha, con un total 18 aplicaciones. En el segundo experimento, se aplicaron los mismos tratamientos de manera bioactiva, con aplicaciones diarias durante tres días con recesos de tres a cinco días, dependiendo de la infestación del insecto plaga, sumando un total de siete aplicaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, en el primer experimento con aplicación a manera de plaguicidas convencionales, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, para ninguna de las variables ($F=0.27$, $gl=11$, $P=0.5$; $F=0.33$, $gl=11$, $P=0.5$; $F=0.50$, $gl=11$, $P=0.5$). El experimento se caracterizó por una alta infestación de mosquita blanca y un bajo rendimiento en todas las unidades experimentales. En el segundo experimento de aplicación bioactiva, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en las dos variables de infestación: visor y trampas pegajosas ($F=16.4$, $gl=11$, $P=0.5$; $F=5.41$, $gl=11$, $P=0.05$; $F=1.06$, $gl=11$, $P=0.5$). Comparando los resultados en los dos experimentos, se observó una diferencia estadística en los niveles de infestación. Siendo mayor en el tratamiento con aplicación convencional.

Al igual que en el estudio reportado por Csizinszky *et al.* (1999), el promedio de rendimiento en nuestro experimento fue mayor con aplicación bioactiva, sin embargo no hubo diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1), Para las tres variables de infestación en aplicación bioactiva el Biocrack tuvo menores infestaciones estadísticamente significativas, comparado con los extractos no comerciales. Aunque el extracto de higuera, no mata a la mosquita blanca, redujo considerablemente el flujo de adultos incrementando el rendimiento. No se detectaron diferencias significativas entre las diferentes dosis probadas de los dos tipos de extractos, comerciales y no comerciales. Un aspecto adicional que pudo influir en el rendimiento, fue emplear un invernadero abierto, con las consecuentes variaciones en temperatura e intensidad de la luz, como lo reportan Paris *et al.* (1993) para *B. tabaci* en calabaza.

Cuadro 1. Promedios de adultos mosquita blanca contabilizados con el visor y con trampas pegajosas, de las tres dosis de los extractos y de los tres testigos, en los dos experimentos.

Extractos y testigo	Aplicación convencional		Aplicación bioactiva	
	Infestación (Trampas)	Infestación (Visor)	Infestación (Trampas)	Infestación (Visor)
Acuyo	30.20 a [†]	186.22 a	10.06 b	55.54 ab
Higuerilla	30.26 a	161.22 a	7.15 c	45.53 b
Biocrack	27.88 a	160.44 a	6.46 c	21.01 c
Testigo	38.57 a	171.22 a	17.88 a	72.68 a

[†]En columna, los porcentajes con letras iguales no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Los resultados promedio de los dos experimentos, indican que la forma de aplicación de los extractos vegetales es un factor estadísticamente significativo sobre la población de adultos de *B. tabaci*. De igual forma, el espacio donde se realiza la aplicación de tales compuestos, campo o laboratorio impactando en aspectos fisiológicos y comportamentales; así como el espacio de aplicación de los compuestos en campo y en laboratorio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedios de adultos de mosquita blanca contabilizados con el visor y con trampas pegajosas, y rendimiento, para los tres factores (extracto, dosis y forma de aplicación) en los dos experimentos.

Factor	Infestación (Trampas)	Infestación (Visor)	Rendimiento (g/planta)
Extracto y tratamiento testigo			
1. Acuyo	20.13 ab [†]	120.88 a	1186.1 ab
2. Higuerilla	18.71 b	103.33 a	1284.8 ab
3. Biocrack	17.17 b	90.73 a	1920.4 a
4. Testigo	28.23 a	121.96 a	925.9 b
Dosis			
1 (5%)	21.2 a	100.5 a	1197.2 a
2 (10%)	21.3 a	116.61 a	1334.7 a
3 (20%)	20.6 a	110.6 a	1456.0 a
Experimento			
Aplicación convencional	31.73 a	169.7 a	1115.5 a
Aplicación bioactiva	10.39 b	48.69 b	1543.1 a

[†]En columna, los porcentajes con letras iguales no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Carrillo-Rodríguez *et al.* (2008) también reportan efectividad de los extractos vegetales para el control de plagas del follaje de jitomate en invernadero, utilizando extractos de higuerilla a una concentración del 50% y una mortalidad del 81%. Porcentajes similares de mortalidad (84%) de mosquita blanca por aplicación de extractos de *R. communis* al 20% son reportados por Santiago *et al.* (2009).

En nuestro estudio la higuerilla disminuyó hasta 62% la infestación con aplicación bioactiva, evidenciando que esta forma de aplicación en conjunción con otras estrategias, como el uso de

cubiertas flotantes, como lo reportan Domínguez-Torres *et al.* (2002) pueden incrementar los rendimientos del cultivo de jitomate bajo las condiciones de producción comercial del estado de Veracruz.

CONCLUSIONES

La aplicación de extractos vegetales en aplicación bioactiva tuvo un efecto significativo para el control de mosquita blanca en jitomate. A pesar de que el Biocrack en dosis de 6 mL L⁻¹ redujo la infestación de adultos de *Bemisia tabaci* hasta 60% e incrementó el rendimiento en un 30%, no fue estadísticamente significativo. La higuierilla y el acuyo fueron efectivos en aminorar las infestaciones en aplicación bioactiva con respecto al control. Según los resultados, la aplicación de extractos vegetales con aplicación bioactiva, resultó significativamente más efectiva para el control de mosquita blanca en jitomate.

LITERATURA CITADA

- Ateyyat, M.A. and M.S. Abu-Darwish. 2009. Insecticidal activity of different extracts of *Rhamnus dispersus* (Rhamnaceae) against peach trunk aphid, *Pterochloroides persicae* (Homoptera: Lachnidae). Spanish Journal of Agricultural Research 7(1): 160- 164.
- Ballesta-Acosta, M.C., M.J. Pascual-Villalobos and B. Rodríguez. 2008. The antifeedant activity of natural plant products toward the larvae of *Spodoptera littoralis*. Sp. J. of Agri. Res. 6(1): 85- 91.
- Bleeker, P.M., P.J. Diergaarde, K. Ament, J. Guerra, M. Weidner, S. Schutz, M.T.J. de Both, M.A. Haring and R.C. Schuurink. 2009. The role of specific tomato volatiles in tomato-whitefly interaction. Plant Physiology 151: 925- 935.
- Brito, J.P., R.C. Baptistussi, M. Funichello, J.E.M. Oliveira e S.A. de Bortoli. 2006. Efeito de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. Sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera: Bruchidae) e *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em duas espécies de feijoes. Bol. San. Veg. Plagas. 32: 573- 580.
- Carrillo-Rodríguez, J. C., R. Vásquez-Ortiz, A. Ríos-Díaz, M.P. Jerez-Salas y Y. Villegas Aparicio. 2008. Extractos vegetales para el control de plagas del follaje del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca, México. En: VIII Congreso científico de SEAE. "Agricultura y Alimentación Ecológica". 16-20 septiembre del 2008, Bullas, Murcia, España.
- Cirigliano, A., I. Colamarino, G. Mariegani and S. Bado. 2008. Biological effects of *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) crude extracts and its major withanolides on *Ceratitis capitata* Wiedeman (Diptera: Tephritidae). Bol. San. Veg. Plagas. 34: 509- 515.
- Cook, S.M., Z.R. Khan and J.A. Pickett. 2007. The use of Push- Pull strategies on Integrated Pest Management. Annu. Rev. Entomol. 52: 235- 400.
- Csizinszky, A.A., D.J. Schuster and J.E. Polston. 1999. Effect of ultraviolet- reflective mulches on tomato yields on the silverleaf whitefly. Hort Science 34(5): 911- 914.
- Degenhardt, J. 2009. Indirect response to herbivory in grasses. Plant Physiology 149: 96- 102.
- Descamps, R.L., N Stefanazzi, C. Sánchez Chopa y A.A. Ferrero. 2008. Actividad biológica de extractos vegetales de *Schinus molle* var. *areira* (Anacardiaceae) en *Tribolium castaneum* Herbst. (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae), plaga de grano almacenado. Bol. San. Veg. Plagas. 34: 595- 605.

- Domínguez-Torres A., E. García Pérez, J. E. Pacheco Velasco, J. A. Villanueva Jiménez y D. Téliz Ortiz. 2002. Control de mosquita blanca y virosis en jitomate con cubierta flotante en Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25(3): 311-316.
- Franca, S.M., J.V. de Oliveira, C.M. de Oliveira, M.C. Picanco e A.P. Lobo. 2009. Efeitos ovicida e repelente de insecticidas botánicos e sintéticos em *Neoleucinoides elegantalís* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Bol. San. Veg. Plagas*. 35: 649- 655.
- Gutiérrez, F.S., N. Stefanazzi, A.P. Murray y A.A. Ferrero. 2008. Bioactividad de extractos de *Aloysia polystachia* (Verbenaceae) en larvas y adultos de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Bol. San. Veg. Plagas*. 34: 501- 508.
- Hatem, A.E., S.S.M. Abdel-Samad, H.A. Saleh, M.H.A. Soliman and A.I. Hissien. 2009. Toxicological and physiological activity of plant extracts against *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Bol. San. Veg. Plagas*. 35: 517- 531.
- Huerta, A., I. Chiffelle, D. Lizana y J.E. Araya. 2008. Actividad insecticida de extractos del fruto de *Melia azedarach* en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*. *Bol. San. Veg. Plagas*. 34: 425- 432.
- Jesús, F.G., A.L. Boica Jr., J.C. Janini, A.G. Silva, S.A.M. Carbonell, A.F. Chiorato. 2009. Interacao de variedades, oleo de nim e insecticida no controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) na cultura do fíjoeiro. *Bol. San. Veg. Plagas*. 35: 491- 500.
- Lopes-Baldin, E.L., J.D. Vendramim and A. L. Lourencao. 2007. Interaction between resistant tomato genotypes and plant extracts on *Bemisia tabaci* (Genn.) biotipo B. *Sci. Agri*. 64(5): 476- 481.
- Laurentin, H., C. Pereira and M. Sanabria. 2003. Phytochemical characterization of six sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes and their relationships with resistance against the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius. *Agron. J*. 95:1577- 1582.
- Paris, H.S., P.J. Stoffella and Ch. A. Powell. 1993. Sweet potato whitefly, drought stress and leaf silvering of squash. *Hort Science* 28(2): 157-158.
- Reddy, G.V.P. and A. Guerrero. 2004. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends in Plant Science* 9(5): 253- 261.
- Rodríguez H., C. 2007. Propiedades plaguicidas del eucalipto. En: *Agricultura Sostenible Vol. 3: Substancias naturales contra plagas*. López Olguín J.F. A. Aragón G., C. Rodríguez H. y M. Vázquez García (Eds.). Editado por: Universidad de Guadalajara, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y Colegio de Postgraduados. Guadalajara, México. 200 p.
- Sánchez O., J., R. Tapias, G. López y L. Domínguez. 2006. Estructura básica y principales parámetros de un dispositivo electroantenográfico de estímulos olfativos en cerambícidos. *Bol. San. Veg. Plagas*. 32: 109- 119.
- Santiago H., N.C., J.C. Carrillo-Rodríguez, M.P. Jerez-Salas, J.L. Chávez-Servía y C. Perales-Segovia. 2009. Extractos vegetales para el control de mosquita blanca *Bemisia tabaci* Genn. en tomate. In: *X Simposio internacional y V Congreso anual de agricultura sostenible*. Universidad Autónoma de Chiapas y Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. p .70.
- Silva-Barbosa, D.R., L. Da S. Fontes e V. Arthur. 2009. Avaliacao da bioatividade da extratos aquosos de folhas de *Momordica charantiae* *Cymbopogon nardus* aplicados em folhas de milho para o controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*. *Bol. San. Veg. Plagas*. 35: 139- 146.

- Stefanazzi N., M.M. Gutiérrez, T. Stadler, N.A. Bonini y A.A. Ferrero. 2006. Actividad biológica del aceite esencial de *Tagetes terniflora* Kunth (Asteraceae) en *Tribolium castaneum* Herbst (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae). Bol. San. Veg. Plagas. 32: 439- 447.
- Vargas O., J.A. y M.A. Martínez D. 2004. Un modelo econométrico del mercado del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en México, 1970-1994. Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática 8(2):115-133.
- Werdin, J.O., A.P. Murray y A.A. Ferrero. 2008. Bioactividad de aceites esenciales de *Schinus molle* var. *Arreira* (Anacardiaceae) en ninfas II de *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). Bol. San. Veg. Plagas. 34: 367- 375.
- Zapata N., F. Budía, G. Silva, E. Viñuela y P. Medina. 2006. Actividad antialimentaria de *Maytenus boaria* Mol., *Peumus boldus* Mol. y *Quillaja saponaria* Mol. sobre *Spodoptera littoralis* (Boisd.). Bol. San. Veg. Plagas. 32: 125- 135.

AJUSTE DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE *Allium cepa* L. CON ENROLLADORES VIAJEROS¹

[IRRIGATION SETTING ON THE *Allium cepa* L. CROP WITH WINDER TRAVELERS]

Luperio Barroso Frómeta¹, Ernesto Castañeda Hidalgo^{3§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz³, Leónides Peña Rivera², José Lescaille Acosta¹, Salvador Lozano Trejo³, Leudiyanes Ramos Hernández¹, Gisela M. Santiago Martínez³

¹Profesor Investigador, Facultad Agroforestal de Montaña, Universidad de Guantánamo, km 6½; Carr. El Salvador, municipio El Salvador; Guantánamo, Cuba. Tel: (0053 21) 29 43 23; 29 41 81. ²Profesor Investigador, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, zona oriental, km 1 Carr. El Salvador, municipio El Salvador; Guantánamo, Cuba. Tel. 005354069490. ³Profesor Investigador, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71230. Tel.: (951)51 70444, (951)5-17-04- 44, Ext. 22. [§]Autor para correspondencia: (casta_h50@hotmail.com)

RESUMEN

La sequía es un desastre natural con efectos negativos en la producción agrícola. Una alternativa para mitigar sus efectos es mediante el uso eficiente del agua a partir de la conservación de la humedad del suelo. El objetivo fue evaluar dos métodos de riego y ajustar las normas e intervalos de riego del enrollador viajero en el cultivo de cebolla para las características edafoclimáticas de la zona. El estudio se realizó en la Empresa Agropecuaria FAR El Yayal, Guantánamo, Cuba, entre el periodo 2012-2013, en un suelo pardo sialítico carbonatado, los cuales fueron sometidos a las labores de preparación según normas técnicas. Se utilizaron semillas de cebolla (*Allium cepa* var. Crono 2000) y se realizó el manejo técnico con base a la propuesta del MINAG. Se utilizaron dos niveles de humedad: aplicando las normas técnicas tradicionales en dos etapas (T1) y una variante técnica mediante enrolladores viajeros manejando un volumen de agua reducido en cuatro etapas (T2). La humedad generada en el suelo bajo T2 generó los mejores resultados en crecimiento, rendimiento e indicadores de eficiencia en el cultivo de cebolla.

Palabras clave: *cebolla, coeficiente de cultivo, estrés hídrico, métodos de riego, rendimiento.*

ABSTRACT

Drought is a natural disaster with negative effects on agricultural production. An alternative to mitigate their effects is through the efficient use of water from the soil moisture conservation. The objective was to evaluate two irrigation methods and adjust rules and intervals of irrigation of the winder traveller in the cultivation of onions for the edapho-climatic characteristics of the area. The study was conducted at FAR Agricultural Company, El Yayal, Guantánamo, Cuba; between the period 2012-2013, in a brown siallitic-carbonated soil, which was worked according to technical standards. Onion seeds (*Allium cepa* var. Crono 2000) were used and the technical management based on the MINAG proposal was performed. Two levels of moisture were used: applying traditional technical standards in two stages (T1) and a technical variant by winder travelers driving a small water volume in four stages (T2). The moisture generated in the soil under T2 generates the best results in growth, yield and efficiency indicators in the onion crop.

¹ Recibido: 28 de enero de 2015.
Aceptado: 01 de julio de 2015.

Index words: *Onion, crop coefficient, water stress, irrigation methods, yield.*

INTRODUCCIÓN

El mayor consumidor de agua dulce en el mundo es el sector agrícola, en el mismo se consume cerca del 70% del agua dulce disponible. Esta cifra crece al 95% en muchos países en desarrollo, donde se encuentran las tres cuartas partes de las tierras irrigadas del mundo (Periódico Granma, 2007; Colaizzi *et al.*, 2009). El manejo del agua, resulta un aspecto de interés por ser un recurso natural finito que requiere ser aprovechado con mayor eficiencia; lo que hace necesario estudiar el abastecimiento de agua de forma óptima para incrementar la producción agrícola (Barroso, 2004; Karam *et al.*, 2009).

El manejo del agua en los cultivos encierra un conjunto de procesos fundamentales; Broner (2005) plantea que el abastecimiento de este líquido a las plantas está sujeto a la técnica de riego empleada, las características edafoclimáticas y las necesidades de los cultivos. En este sentido Henggeler *et al.* (2011) y ARD (2011) señalan que la planificación del riego es un proceso esencial y debe tener en cuenta todos estos elementos, porque de ello depende la cantidad de agua a aplicar en los cultivos para obtener buenas cosechas, minimizando el consumo de este preciado líquido.

La escasa disponibilidad de los recursos hídricos, unido a los altos costos del riego, obliga a adoptar cambios en el manejo de este (ARD, 2013). Para contribuir a producciones rentables, con dotaciones hídricas inferiores a la que los cultivos requieren para su óptimo crecimiento y rendimientos, es fundamental conocer los efectos del déficit hídrico sobre la producción y la calidad de las cosechas a través del manejo en el riego, teniendo en cuenta la evapotranspiración de cultivo, y así establecer lo que se conoce como riego deficitario controlado que surge con el fin de optimizar el uso del recurso hídrico (Jones, 2004; Duarte-Díaz *et al.*, 2012).

La FAO (2006) reconoce que la agricultura es el principal consumidor de agua del planeta y corresponde al sector agrícola tomar el liderazgo en la búsqueda de soluciones a la creciente demanda global del líquido. Unas de las alternativas propuestas por el sector se centra en el aprovechamiento óptimo del recurso para aumentar las áreas irrigadas a partir de la introducción de tecnologías de punta y la innovación tecnológica de sistemas de riego como son el pivote central, goteo aéreo y soterrados, gravedad eficiente, maquinas enrolladoras, entre otros.

Para que estos sistemas cumplan su objetivo es necesario que estos sean operados de forma eficiente a partir de las características propias de la zona, como clima, tipo de suelo y propiedades hidrofísicas y las características de los cultivos beneficiados con el riego; teniendo en cuenta los principios de mayores producciones y menor gasto (Ortuño *et al.*, 2009). La producción de hortalizas, especialmente el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) es uno de los objetivos de interés de la agricultura en Cuba, por lo que es importante considerar la posibilidad de obtener volúmenes de producción que satisfagan las necesidades de la población sin utilizar grandes cantidades de agua.

En el caso de la provincia de Guantánamo, de manera importante la empresa agropecuaria FAR El Yayal, ha reportado problemas con el gasto excesivo de agua debido al manejo ineficiente de la nueva tecnología de riego implementada (enrolladores viajeros) que ahí opera; y que aunque se sigue el instructivo recomendado no se toman en cuenta las características

edafoclimáticas de la zona. Bajo este contexto, el objetivo fue evaluar dos métodos de riego y ajustar las normas e intervalos de riego del enrollador viajero en función al cultivo de cebolla para las características edafoclimáticas de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y condiciones climáticas

El área de estudio se encuentra localizada en la provincia de Guantánamo, municipio Manuel Tames, Cuba en la Empresa Agropecuaria FAR El Yayal; esta fue escogida por contar con un sistema de riego de alta tecnología denominado enrolladores viajeros bajo la modalidad de soterrado; sistema que tiene la bondad de operar la norma exacta que el regador desee teniendo en cuenta la relación boquilla y presión a utilizar.

El estudio se realizó durante el período del 23 de diciembre de 2012 al 20 de abril de 2013 en el cultivo de cebolla var. Crono 2000; sembrada en hileras de 15 cm y a una distancia entre plantas de 10 cm y bajo las normas de manejo indicadas en el instructivo técnico propuesto por del MINAG (2004 y 2007). La prueba se realizó en suelos pardos sialíticos carbonatados, los cuales ocupan la totalidad de la unidad. (Hernández *et al.*, 1999). Los suelos sialíticos son suelos tropicales y subtropicales con alta erosión y caracterizados por el proceso de sialitización, lo que hace posean grandes cantidades de arcillas y en donde prevalece en su parte mineral el SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, Ca₂CO₃ y Mg CO₃ (Olivera, 2012).

El manejo y la conservación de la fertilidad del suelo en climas tropicales es crítico para un ambiente sostenible, lo que hace necesaria una selección apropiada de indicadores de calidad del suelo, como el contenido de materia orgánica, la acidez y eficiencia del uso del nitrógeno para una mayor respuesta al cambio, mejor producción de biomasa, clara discriminación entre los sistemas de manejo y restauración ambiental para un reflejo en la variabilidad de terrenos durante las estaciones (Bugarín *et al.*, 2010). Para determinar las normas de riego a utilizar se empleó la información de las propiedades hidrofísicas del suelo y a partir de ellas, ajustar el riego. Algunas características importantes se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades hidrofísicas del suelo del Municipio Manuel Tames, Provincia de Guantánamo, Cuba.

Tipo de suelo	Profundidad (cm)	Densidad aparente (Da) (g cm ⁻³)	Capacidad de campo (CC) (% pss)	Velocidad de infiltración (Vi) (mm h ⁻¹)
Pardos	0 – 20	1.2	38.4	
Sialíticos	20 – 40	1.25	34.4	
carbonatados	40 – 60	1.32	33.6	24.4
cálcicos	60 – 80	1.32	27.2	

El análisis químico del suelo se realizó en la Estación de Suelos Salinos de Guantánamo y para ello se tomaron n = 20 muestras de manera aleatoria definidas previamente en un mapa de suelos escala 1:25,000 de la Dirección Nacional de Suelos a una profundidad de 0.25 cm para el

análisis de la fertilidad según lo indica Hernández *et al.* (1999). De acuerdo con la clasificación de Martín (2011) este suelo tiene un contenido de materia orgánica medio (4.3%), según método de Walkley y Black, el pH (H₂O) determinado por potenciometría es ligeramente ácido (6.5) y los contenidos de P₂O₅ y el K₂O según Machiguin fueron altos (75 y 66 mg·kg⁻¹, respectivamente).

Las variables climáticas fueron tomadas de la estación agrometeorológica La Juanita, Provincia de Guantánamo. Se muestran los valores medios de esta localidad con datos de diciembre de 2012 a abril de 2013; fecha que comprende el periodo de evaluación. Las variables evaluadas muestran la tipicidad del régimen pluviométrico en esta zona (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables climáticas presentadas durante el desarrollo del experimento.

Variables climáticas	Meses en el periodo experimental				
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Temp. Media (°C)	24.1	23.5	23.7	24.4	25.3
Temp. Máxima (°C)	30.5	30.5	30.8	31.2	31.8
Temp. Mínima (°C)	18.9	18.0	18.0	18.9	19.9
Precipitación (mm)	12.3	15.6	17.2	21.4	32.6
Humedad relativa (%)	78.6	76.1	73.4	72.9	73.7

Fuente: CITMA. Estación Meteorológica Guantánamo, ubicada a 15 msnm, 20° 8' LN y 75° 14' LO.

Cálculo de las variables requeridas para la norma de riego óptimo

Para determinar la norma y frecuencia de riego se utilizó *CROPWAT*®, programa informático desarrollado por la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la FAO y propuesto por Smith (1993). El procedimiento para el cálculo de las necesidades de agua del cultivo y la frecuencia de riego se determinó a partir del cálculo de las propiedades hidrofísicas del suelo y del cálculo de los principales elementos del régimen de riego. La evapotranspiración (E_{to}) de referencia fue calculada al utilizar el método de *Penman-Monteith* del programa *CROPWAT*®, donde se selecciona en el menú principal del programa la opción para el cálculo de la E_{to}.

Los valores mensuales de los elementos climáticos: temperatura media del aire, humedad relativa, velocidad del viento y brillo solar, introducidos como base de datos del *CROPWAT*. ® Se considera el coeficiente de cultivo (K_c) y se toma en cuenta las fases de desarrollo del mismo: proceso de germinación, crecimiento acelerado y crecimiento lento (Vázquez y Torres, 2006).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado y para la toma de datos se empleó un muestreo aleatorio estratificado que de acuerdo a Di Rienzo *et al.* (2005), es aquel en el que se divide la población de N individuos, en subpoblaciones o estratos, atendiendo a criterios que puedan ser importantes en el estudio. Como condiciones de homogeneidad se consideraron la topografía (llana), el cultivo y la condición impuesta en cada tratamiento.

En el trabajo se conformaron dos tratamientos. El primero (normas técnicas) ocupó el área

comprendida entre los hidrantes uno a cuatro; y el segundo (normas reducidas) del hidrante seis al nueve (Figura 1). Cada tratamiento ocupó cuatro hidrantes. La separación entre hidrantes fue de 53 m y una longitud de 300 m, por lo que cada tratamiento contó con una superficie de 6.36 ha. En el primer tratamiento (T1) se aplicó la norma e intervalos de riego de acuerdo a la metodología del MINAG (2004 y 2007) y las sugerencias de los productores, los cuales tienen experiencia en el manejo del agua.

Esta comprende en la aplicación de dos normas e intervalo de riego en dos etapas de desarrollo del cultivo, la primera norma se aplica en los primeros 60 días y la segunda en el resto del ciclo del cultivo; para lo cual se calibró la maquina enrolladora (Figura 2). En el caso del tratamiento introducido por la investigación (T2) se manejó en cuatro etapas, cada una de 30 días, donde se aplicaron normas bajas e intervalos cortos.

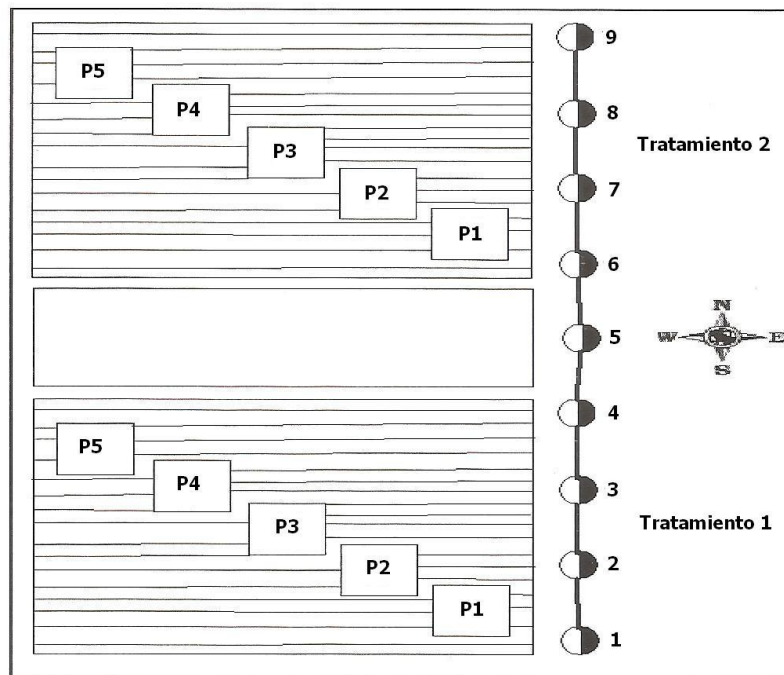


Figura 1. Croquis del área experimental. P: parcela de muestreo o estrato.

Evaluaciones realizadas y análisis de datos

Para la medición de las diferentes variables y sus evaluaciones fueron seleccionadas al azar 10 plantas por cada parcela de muestreo, y en total fueron cinco. Las mediciones al cultivo fueron al final del ciclo. Se evaluaron las siguientes variables de rendimiento: Altura de planta (cm), se midió a partir de la base del tallo hasta la hoja de mayor longitud con una regla graduada de un mm de aproximación. Número de hojas, se contaron las hojas de las plantas con excepción de la hoja apical. Longitud de raíz (cm), se midió con una cinta métrica del cuello de la raíz hasta la punta de la raíz más larga. Número de raíces (U), se contó el total de raíces de las plantas seleccionadas por cada tratamiento. Diámetro del bulbo (cm), se midió el diámetro ecuatorial de bulbo mediante el uso de un vernier marca *Kamasa* Modelo

Premium 0-150 x 0.5 mm. Masa del bulbo (g), peso de los bulbos mediante una balanza analítica Marca *Ohaus*, modelo *Adventurer Pro*.



Figura 2. Máquina enrolladora (con enrolladores viajeros).

Rendimiento (kg m^{-2}), para evaluar esta variable se muestrearon superficies al azar de $1 \text{ m}^2/\text{tratamiento}$, se pesó en una báscula. Humedad del suelo por tratamiento, este indicador se evaluó cada siete días a través de muestreos del suelo (método gravimétrico) por tratamiento. Peso húmedo y peso seco (kg) en los primeros 20 cm de suelo, para ello se utilizó la barrena para la toma de muestra y la estufa para el secado.

Se empleó la estadística descriptiva para determinar la media, la desviación estándar y el error estándar de la media y para las diferencias entre las medias de los dos tratamientos se empleó la distribución t-Student ($\alpha = 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico STATISTICA versión 6.1®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de humedad del suelo durante el período de la investigación muestra diferencias significativas entre los tratamientos estudiados (Figura 3). En el caso del tratamiento en donde se aplicó la norma de producción en dos etapas (T1), los valores promedio de humedad del suelo se mantuvieron en torno al 70%, mientras que en el caso del T2, que se corresponde al régimen de riego impuesto en la investigación y que se aplicó en cuatro etapas, se mantuvo cercano al 65%. Es importante señalar que para el caso del T1 la humedad del suelo se mantuvo por encima de los valores óptimos para este cultivo y se refleja en las propiedades hidrofísicas mostradas en el Cuadro 1, donde la capacidad de campo y la velocidad de infiltración del suelo son inferiores a los volúmenes de agua aplicados. Aspecto que conducen a un sistemático exceso de humedad y por consiguiente, a una disminución del crecimiento y rendimiento del cultivo. Además de la aparición de enfermedades fungosas como *Alternaria porri*.

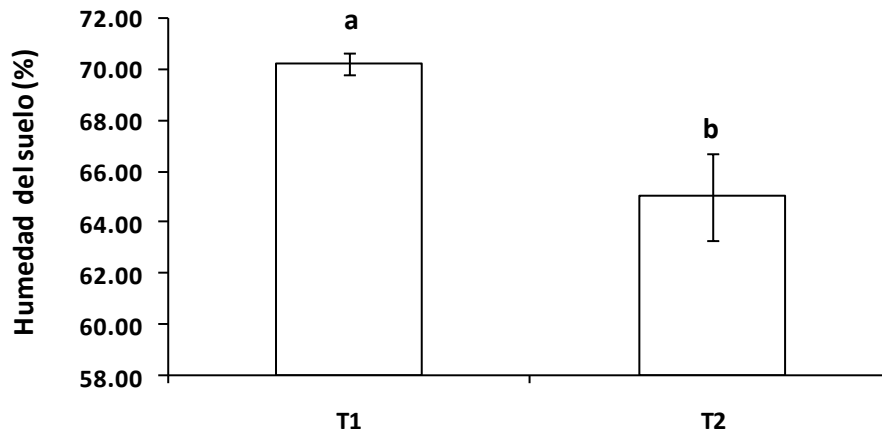


Figura 3. Promedio de la humedad del suelo en porcentaje durante el periodo de la investigación. + T1= Tratamiento 1. Norma de producción con riego en dos etapas. T2=Tratamiento 2. Norma de producción con riego en cuatro etapas. Letras distintas en columnas indican diferencias estadísticas significativas (t-Student, 0.05). La línea vertical sobre las columnas indica la desviación estándar.

Este resultado corresponde a los indicadores de eficiencia (Cuadro 3), y presentan algunos de los parámetros del régimen de riego evaluado en el cultivo de cebolla regada con enrolladores viajeros. Observándose que tanto la norma para la humedad neta y bruta fueron mayores en el T1, mientras que en el T2, cuando se aplicó el riego en cuatro etapas; se obtuvo un ahorro de 53.3 m³ ha⁻¹.

Así mismo, el intervalo de riego promedio fue de 6.5 días en el T1 (norma de producción) y de 4 días en el T2 (normas reducidas), lo que indica una mayor efectividad cuando se aplican normas e intervalos cortos. Juan *et al.* (2013), plantean la búsqueda de fuentes de agua alternativas, debido a una sobre-explotación de los acuíferos y recomiendan la obtención de las precipitaciones, mientras que en esta experiencia se demuestra que con la correcta aplicación del riego es posible garantizar la demanda de los cultivos sin llegar a la sobre-explotación de la fuente.

En los indicadores de eficiencias del sistema de alta carga con enrolladores viajeros, se denota como la variante introducida en la investigación (T2) muestra los mejores resultados. Aunque el número de riego es superior; nueve más, que en el caso de las normas de producción tradicionales, el resto de los indicadores es superior (Cuadro 4).

Este resultado está sustentado sobre la base de la realización de suministros cortos e intervalos de riegos también cortos, lo que produce un incremento en el número de riego, pero una disminución en el volumen de agua aplicado, tiempo de trabajo y energía consumida (Burt, 2010).

Cuadro 3. Régimen de riego del cultivo de la cebolla obtenido a partir de la aplicación de dos normas diferentes.

Manejo del riego norma técnica en dos etapas (T1)					
Norma neta (m ³ ha ⁻¹)	Norma bruta (m ³ ha ⁻¹)	Intervalo de riego (días)	Velo de enrolladores (m h ⁻¹)	Tiempo de riego (h)	Intensidad media del aspersor (mm h ⁻¹)
110.59	130.11	5	66.12	4.54	7.70
Primera etapa					
184.32	216.85	8	39.67	7.56	7.70
Segunda etapa					
Manejo del riego con normas reducidas en cuatro etapas (T2)					
46.08	54.21	2	158.70	1.89	7.70
Primera etapa					
73.73	86.74	3	99.19	3.02	7.70
Segunda etapa					
101.38	119.27	5	72.14	4.16	7.70
Tercera etapa					
129.02	151.79	6	56.68	5.29	7.70
Cuarta etapa					

Cuadro 4. Indicadores de eficiencia del sistema de riego de alta carga enrolladores ligeros.

Indicadores de eficiencia	T1 ⁺	T 2	Diferencia entre tratamientos	Porcentaje
Cantidad de riego aplicado (mm)	16	25	9	56.25
Consumo de agua (m ³)	2 211.92	1 981.22	230.7	10.43
Tiempo de trabajo (h)	120.96	81.24	39.72	32.84
Electricidad consumida (Kw)	2 782.08	1 868.52	913.56	32.84

⁺ T1= Tratamiento 1. Norma de producción con riego en dos etapas. T2=Tratamiento 2. Norma de producción con riego en cuatro etapas.

Precisamente la reconocida agencia Alberta, dedicada a la producción de tecnologías y estudios sobre el manejo eficiente del agua, incluye como elemento de explotación importante de las diferentes tecnologías de riego que produce, la aplicación de agua a intervalos cortos y normas de riego reducidas, siempre en estrecha relación con la etapa de desarrollo del cultivo (ARD, 2013).

Es meritorio señalar que esta variante de riego ajustado (T2) para este tipo de hortaliza garantiza un uso racional del recurso agua al mismo tiempo que se protege el recurso suelo al evitar los sobre humedecimientos y se protege la obtención de una mejoría en el crecimiento y rendimiento del cultivo, variables que se analizan posteriormente.

Según Casanova (2007) las exigencias hídricas de los cultivos se pueden establecer de acuerdo a una programación del riego que propicie mayores beneficios técnicos y económicos, para ello se requiere conocer las necesidades hídricas diarias de las plantas, el suelo, los factores climáticos y requerimientos por fase de desarrollo del cultivo. Estos propios autores plantean que el agua se aplica para satisfacer las demandas diarias del cultivo y no para crear una reserva en el suelo, de manera que se eliminen las situaciones extremas de exceso y falta de agua, situaciones comunes en el riego tradicional.

Un aspecto que se debe tener en cuenta al evaluar las necesidades hídricas del cultivo durante los meses del año, se relaciona con las pérdidas por evaporación, éstas fueron superiores a las precipitaciones ocurridas (Cuadro 3), lo que provocó una alta demanda atmosférica debido a que la evaporación superó los ingresos hechos por las precipitaciones, comportamiento característico del período poco lluvioso de Cuba, y en especial de la zona donde se desarrolló el experimento, aspecto que ha sido señalado por Barroso (2004). En este sentido, López-Marín *et al.* (2012) plantearon que las características climáticas de la región tienen una influencia directa en la conducta del agua y estimaron pérdidas por evaporación del orden de los 58.5 Hm³ que representa más del 15% del agua destinada al consumo urbano en la zona de estudio.

El comportamiento observado en cuanto al consumo de agua por tratamiento, afectado por los niveles de humedad presentes en el suelo, corrobora respecto al transporte del agua en condiciones de exceso o poca humedad en el suelo, esto provoca una disminución en la conductividad hidráulica del tallo (Pérez-Pastor *et al.*, 2009), se afecta la absorción de agua y en esas condiciones también se ha encontrado que se rompe la columna de agua de la corriente transpiratoria al estar sometida a fuertes tensiones (Steudle, 2001), lo que limita en gran medida, que ocurra un adecuado crecimiento del vegetal (Rodríguez, 2009).

El crecimiento constituye un aumento irreversible del tamaño del vegetal asociado generalmente a un incremento de la materia seca (Barroso, 2004, Taiz y Zeiger, 2008), y denota los cambios cuantitativos que tienen lugar durante el desarrollo. Al analizar las variables del crecimiento de las plantas en el momento en que se realizó la cosecha (Cuadro 4), se alcanzaron magnitudes superiores en el tratamiento en el que se aplicó la variante propuesta en la investigación (T2), con diferencia significativa con el tratamiento T1. El T2 mostró un crecimiento superior al tratamiento T1 con una diferencia promedio de 7.08 cm, valor que representa el 26.6% de incremento. Los resultados al parecer estuvieron condicionados por la aplicación de un volumen menor de agua y un buen aprovechamiento de la humedad del suelo en el caso del tratamiento donde las plantas estuvieron sometidas a la variante propuesta.

Lo anterior puede deberse a que cuando se utiliza la norma de riego introducida en la investigación T2, el suelo permanece más suelto al no soportar sobre humedecimiento y por lo tanto, el sistema radical se desarrolla más profundamente, en respuesta a ello, la planta tiene un desarrollo en altura mayor buscando un equilibrio raíz/tallo en el crecimiento de la planta. Esto ha sido referido por Barroso *et al.* (2010) en estudios realizados en este mismo cultivo de cebolla o probablemente la incorporación de la nueva norma de riego, al ser más eficiente provocará un incremento en los minerales del suelo y entre ellos el nitrógeno, el cual juega un papel fundamental como precursor del crecimiento, a través de una mayor expansión foliar, a causa de un mayor número y tamaño de las células.

Cuadro 4. Evaluación de variables del crecimiento al final del ciclo biológico en plantas de cebolla que fueron tratadas con dos normas de riego diferente.

Tratamientos	Altura (cm)	No. de hojas	Longitud de las raíces (cm)	No. de raíces
T1	26.60 b	4.76 b	6.29 b	25.50 b
T2	33.68 a	5.16 a	5.30 a	40.35 a
EEx	1.34	0.15	0.19	1.60

T1= Tratamiento 1. Norma de producción con riego en dos etapas. T2=Tratamiento 2. Norma de producción con riego en cuatro etapas. Medias seguidas de letras diferentes, difieren significativamente para $p \leq 0.05$ (t-Student). EEx: Error estándar de la media.

El aumento en la altura de las plantas en T2 se debe a la respuesta fisiológica de la cebolla, cuando crece en un medio donde existe un suministro hídrico óptimo. Por ejemplo, el nitrógeno en las plantas participa en todas las moléculas de proteínas y forma parte de los elementos que intervienen en la fotosíntesis y la respiración; por lo tanto, mejora el metabolismo de la planta y su crecimiento, dándole oportunidad a la misma de expresar su potencial para crecer. En este sentido, existe una correlación significativa entre el contenido hídrico del suelo y la eficiencia en el uso del nitrógeno. López-López (1999) establece que las mediciones del estrés hídrico de los cultivos combinado con sistemas eficientes de riego permiten maximizar el rendimiento a través de un manejo eficiente del riego. De acuerdo a Speek *et al.* (2007), un nivel eficiente de agua garantiza una planta sin estrés fisiológico, lo que incrementa la tasa de crecimiento debido a un incremento en la altura. Aspecto también asociado a la disponibilidad del fósforo en el suelo.

El crecimiento en número de hojas mostró una tendencia a la superioridad en las plantas del T2, resultados que corresponden con lo obtenido en la variable altura. Esta variante mostró una tendencia en el crecimiento en número de hojas superior a T1 con diferencias de 0.4, valor que representa el 8.4% de incremento.

Es meritorio señalar que cuando las plantas estuvieron en presencia de la norma de riego aplicada según norma técnica (T1) se obtuvieron los resultados menos significativos, aspecto que influyó por un exceso de humedad en el suelo debido a la frecuencia amplia del abastecimiento hídrico y volúmenes elevados, aun cuando las plantas que estuvieron sometidas a ese tratamiento contaron con un número de riego menor, tal y como se discutió anteriormente en el Cuadro 4.

El aumento en el número de hojas en el T2, es producto de la respuesta fisiológica y lógica del cultivo, cuando crece en un medio donde existe mayor suministro de elementos nutritivos, de manera que las plantas que crecieron bajo la influencia de este tratamiento contaron con un suministro hídrico cercano al óptimo que garantizó mejor eficiencia en el crecimiento de hojas. Pérez (2011) indica que el clima debe estar entre los factores a tener en cuenta para el establecimiento de la fertilización de los cultivos y dentro de ella, el contenido de humedad en el suelo derivado de las precipitaciones, por tanto, un nivel eficiente de agua garantiza una planta sin estrés fisiológico, que incrementa la tasa de crecimiento debido a un incremento en el número de hojas. Aspecto también asociado a la disponibilidad del nitrógeno y del fósforo en el suelo.

Por su parte Barroso *et al.* (2010) sustentan que con un buen abastecimiento hídrico se logra que las plantas tengan un crecimiento adecuado debido a que el primer efecto medible de un

estrés de humedad, ya sea por sequía o por exceso es una reducción del crecimiento. En tal sentido (Barroso, 2004) encontró en el cultivo de albahaca blanca reducciones en estas variables de hasta un 30% cuando se redujo el nivel de humedad en el suelo, aspecto que se corrobora con lo obtenido en este experimento, aun cuando el efecto posible en este caso es por el exceso. Desde el punto de vista agronómico, lo más importante del coeficiente de estrés hídrico, es el manejo que permite realizar en la gestión del riego, su efecto sobre la producción y en su repercusión más en la producción obtenida en la parte aérea que en la zona subterránea (De Santa Olalla y Valero, 1993).

La variable longitud de la raíz al igual que las anteriores evaluadas provocó diferencias significativas en la evaluación realizada. El mejor resultado se alcanzó en el tratamiento T2, norma de riego que contó con un volumen de agua menor y un mayor número de riego. Hasta el momento de la cosecha, el peor comportamiento se observó en el T1, plantas tratadas según instrucciones técnicas de la norma de riego y que se mantuvieron con niveles de humedad altos debido al propio tratamiento, lo que indica que en las condiciones estudiadas la norma de riego seguida por el tratamiento T1 no garantiza un óptimo de humedad en el suelo.

De igual forma que en el caso de la longitud de la raíz, en la variable número de raíces hubo diferencias entre tratamientos y el valor más elevado correspondió al T2. Esta variable mostró una tendencia en el crecimiento en número de raíces superior al tratamiento T1 con una diferencia promedio de 14.85, valor que representa el 36.80% de incremento. Al parecer las plantas que estuvieron sometidas al régimen de humedad impuesto por el tratamiento T2 garantizaron una humedad en el suelo en torno al necesario para crecer y desarrollar las raíces en función de absorber mayor y con mejor calidad los nutrientes del suelo. Es necesario plantear que la norma de riego impuesta por el T2, aun cuando se aplican nueve riegos más que las normas técnicas, estos riegos fueron de volúmenes más pequeños e intervalos más cortos, aspectos que garantiza que el suelo no tenga momento con exceso de humedad.

De acuerdo con los resultados expuestos hasta aquí, se confirma que el T2 fue suficiente para garantizar en las plantas un adecuado balance del carbono, con su consiguiente repercusión en el crecimiento y desarrollo de las plantas. El desarrollo comprende dos procesos básicos: crecimiento y diferenciación; donde la diferenciación se refiere a los cambios cualitativos. Las variables del rendimiento de plantas de cebollas que fueron regadas con dos normas diferentes (Cuadro 5), los mejores resultados se registraron cuando las plantas fueron regadas con el volumen de agua reducido (T2), con diferencias significativas con el tratamiento T1 (norma de producción).

El T1 mostró el resultado más bajo en la variable diámetro del bulbo, al igual que otras ya evaluadas, con valores promedios de 2.46 (cm) menos que cuando fueron regadas bajo el T2, valor que significa un 48% de reducción.

En cuanto a la masa fresca del bulbo, los mejores resultados fueron encontrados en el T2 con diferencia estadísticamente significativa con respecto a T1. El T2 manifestó un mejor comportamiento con valores superiores al T1 en 87.98 gr, lo que representa 106.29% de incremento en esta variable. Es indudable que tanto el diámetro del bulbo como la masa contribuyeron de manera importante en el rendimiento.

Cuadro 5. Variables del rendimiento evaluadas al final del ciclo biológico en plantas de cebolla tratadas con dos diferentes normas de riego.

Tratamientos	Diámetro del bulbo (cm)	Masa del bulbo (g)	Rendimiento (kg m ⁻²)
T1	5.12 b	82.77 b	2.3 b
T2	7.58 a	170.75 a	3.4 a
EEx	0.28	3.10	0.14

T1= Tratamiento 1. Norma de producción con riego en dos etapas. T2=Tratamiento 2. Norma de producción con riego en cuatro etapas. Medias seguidas de letras diferentes, difieren significativamente para $p \leq 0.05$ (t-Student). EEx: Error estándar de la media.

En el caso de T2, al parecer mejora las condiciones edáficas del área y las plantas pueden realizar un mejor aprovechamiento nutricional (Cuadro 5) e hídrico, dada las condiciones de aproximación al óptimo que se crea por el propio tratamiento. El rendimiento en kg m⁻² mostró los mejores resultados con el T2, con diferencias estadísticas respecto a T1.

De acuerdo con los resultados expuestos, se puede inferir que el T2 fue suficiente para garantizar en las plantas un adecuado balance del carbono, con su consiguiente repercusión en el rendimiento de las plantas, ya que mostró un rendimiento de 3.4 kg m⁻², lo que representa un 47.8% superior a T1. Este incremento significa obtener 1.1 kg más por cada m².

Un aspecto que pudo influir directamente en la obtención de estos resultados fueron las variables climáticas (Cuadro 2). En el caso de las temperaturas medias se mantuvieron valores entre 23.5 y 25.3 °C durante todo el periodo de la investigación, temperaturas óptimas para el desarrollo de este cultivo (MINAG, 2004).

De forma general los resultados expuestos, corroboran lo encontrado por Mengana (2011) quien estudiando niveles de humedad reducida hasta el 50% encontró que este fue suficiente para garantizar en las plantas un adecuado balance del carbono, repercutiendo en el rendimiento de las plantas (2.3 y 3.4 kg m⁻²), con un 7% superior al tratamiento control. Así mismo, Mengana *et al.* (2013) en este mismo cultivo de cebolla obtuvieron rendimientos superiores cuando redujo la humedad del suelo a costa de los tratamientos impuesto, aunque en tres condiciones diferentes y con empleo de alternativas biológicas.

CONCLUSIONES

Mediante el uso de los enrolladores viajeros (T2) fue posible generar el régimen de riego óptimo para el cultivo de la cebolla bajo las condiciones estudiadas. Aunque el número de riegos se incrementó en nueve respecto a la forma tradicional de riego en dos etapas (T1), el uso de mano de obra, consumo de agua, trabajo y energía son más eficientes en porcentajes de 56.25, 10.43, 32.84 y 32.84, respectivamente. Respecto a las variables productivas, el tratamiento de riego bajo la variante técnica de enrolladores viajeros manejando un volumen de agua reducido en cuatro etapas (T2) mostró mejor altura (26.6%), número de hojas (8.4%), número de raíces (36.8%), diámetro de bulbo (48%) y masa de bulbo (106.29) respecto a T1; lo cual se reflejó en un mayor rendimiento (47.8%).

LITERATURA CITADA

- Alberta Agriculture and Rural Development (ARD). 2011. Irrigation scheduling fact sheets. 48 p. <http://www.agric.gov.ab.ca/app21/infopage?cat1=Soil%2FWater%2FAir&cat2=Irrigation.pdf> (Consultado 04 de agosto 2015).
- Alberta Agriculture and Rural Development (ARD). 2013. Alberta Irrigation Management Manual. Irrigation Management Branch Irrigation and Farm Water Division. 56 p. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/irr14310/\\$file/altairrigmanagmanual.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/irr14310/$file/altairrigmanagmanual.pdf?OpenElement) (Consultado 04 de agosto 2015).
- Barroso, L. 2004. Crecimiento, desarrollo y relaciones hídricas de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) en función del abastecimiento hídrico. Tesis de Grado del INCA. 112 p.
- Barroso, L., M. Riera, A. Montoya, J. Broock y T. Boicet. 2010. Manejo del riego combinado con micorriza y materia orgánica en el cultivo de la cebolla. *Rev. Hombre, Ciencias y Tecnología* 56(4):1-9.
- Broner, I. 2005. Irrigation: Irrigation scheduling. Fact Sheet No. 4.708. Colorado State University Extension–USDA. 2 p. <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/pdf> (Consultado 04 de julio 2008).
- Bugarín, J., I. Bojórquez, C. Lemus; M C. R. M. Murray; H. Ontiveros; J. Aguirre y C. A. Hernández. 2010. Comportamiento de algunas propiedades físico-químicas del suelo con diferentes sistemas silvopastoriles en la llanura norte de Nayarit. *Cultivos Tropicales* 31:48-55.
- Burt, C. M. 2010. Ag-irrigation management: Training manual for certified agricultural irrigation specialist (CAIS) program. ITRC, California Polytechnic State University. San Luis Obispo, CA. 58 p.
- Casanova, A. S. 2007. Manual para la producción protegida de hortaliza. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. La Habana, Cuba, 137 p.
- Colaizzi, P. D, P. H. Gowda, T. H. Marek and D. O. Porter. 2009. Irrigation in the Texas High Plains: A brief history and potential reduction in demand. *Irrigation and Drainage*. 58:257-274.
- De Santa-Olalla, F. M. y J. A. Valero. 1993. *Agronomía del riego*. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid, España. pp. 503- 505.
- Di Rienzo, A.; F. Casanoves, A. González, M. Tablada, M. Díaz, W. Robledo, y G. Balzarini. 2005. *Estadística para las ciencias agropecuarias*. Sexta Edición. Córdoba Argentina. 345 p.
- Duarte-Díaz, C. E., I. Zamora-Herrera, y M. León-Fundora. 2012. Efecto del coeficiente de estrés hídrico sobre los rendimientos del cultivo de cebolla. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 21:42-47.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy.
- Henggeler, J. C., M. D. Dukes and B. Q. Mecham. 2011. Irrigation scheduling. Stetson, L. E. and Mecham, B. Q. (Eds.). *Irrigation* (6th ed.). Irrigation Association. Falls Church, VA. pp. 491-564.
- Hernández, A., J. Pérez, A. Bosch y L. D. Rivero. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Editorial AGRINFOR. La Habana, Cuba. 64 p.
- Jones, H. G. 2004. Irrigation scheduling: Advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany* 55(407): 2427-2436.

- Juan, M., J. Casos, S. Bonachela, F. Fuentes-Rodríguez, I. Gallego y M. A. Elorrieta. 2013. Características y manejo de las bolsas de riego del litoral mediterráneo andaluz. *Rev. Agricultura Vegetal, Fruticultura-Horticultura* 364:120-122.
- Karam, F.; R. Masaad, R. Bachour, C. Rhayem and Y. Roupael. 2009. Water and radiation use efficiencies in drip-irrigated pepper (*Capsicum annuum* L.): Response to Full and Deficit Irrigation Regimes. *Europ.J.Hort.Sci.* 74 (2):79–85.
- López-López, R.; R. Arteaga-Ramírez; M. A. Vázquez-Peña; I. López-Cruz e I. Sánchez-Cohen. 2009. Índice de estrés hídrico como indicador del momento de riego en cultivos agrícolas. *Agricultura Técnica en México* 35:92-106.
- López-Marín, J., A. Gálvez, J. García, M. F. Espinosa, J. L. Lozano y A. González. 2012. Limitación potencial de los caudales de riego aplicados con la utilización de acolchados biodegradables. *Rev. Agricultura Vegetal, Fruticultura-Horticultura* 359: 296-300.
- Martín, A. 2011. Tabla de interpretación de análisis de suelo. Folleto: Departamento de Riego y Drenaje. UNAH. Mayabeque. 7 p.
- Mengana, A. 2011. Manejo del suministro hídrico en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa*) con empleo de alternativas biológicas en ecosistemas frágiles. Tesis de Maestría en Agricultura Sostenible. Universidad de Guantánamo. Guantánamo, Cuba. 63 p.
- Mengana, A., L. Barroso y C. A. Sánchez. 2013. Influencia de la materia orgánica de aserrín y la micorriza con dos normas de riego en el comportamiento morfofisiológico en el cultivo de la cebolla. *Revista Hombre, Ciencia y Tecnología* 65 (1):1-10.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2004. Instructivo técnico del cultivo de la cebolla. La Habana, Cuba. pp. 60–65.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2007. Instructivo técnico MINAG. Lineamientos para Subprogramas de la Agricultura Urbana (2008-2010). Editorial MINAG. La Habana, Cuba. pp. 4-14.
- Olivera, V. D. 2012. La degradación de los suelos en Cuba. <http://www.madrimasd.org> (Consultado 05 de julio 2015).
- Ortuño, M. F., J. J. Brito, W. Conejero, Y. García-Orellana and A. Torrecillas. 2009. Using continuously recorded trunk diameter fluctuations for estimating water requirements of lemon trees. *Irrig Sci.* 27:271-276.
- Pérez, A. 2011. Fertilización y requerimientos de nitrógeno para plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta cultivada en suelos pardos de la región oriental Premontañosa de Cuba. Tesis de doctorado en Ciencias Agrícolas del INCA. La Habana, Cuba. 98 p.
- Pérez-Pastor, A., R. Domingo, A. Torrecillas and M. C. Ruiz-Sánchez. 2009. Response of apricot trees to deficit irrigation strategies. *Irrig Sci.* 27:231–242.
- Periódico Granma. 2007. Afrontar la escasez de agua. Año 11. No. 81. La Habana, Cuba. 26 de julio de 2007.
- Rodríguez, P. 2009. Relación agua planta. Proyecto: Acciones para el fortalecimiento y consolidación de un grupo de investigación de excelencia en el INCA-UNAH (Cuba) sobre optimización del uso del agua en agricultura. Código AECID: D/016779/08.
- Smith, M. 1993. CROWAT Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Estudio FAO Riego y Drenaje No 46. Rome, Italia. 134 p.
- Speek, J., L. Barroso y M. Riera. 2007. Aporte a la tecnología de producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en condiciones de sequía. *Rev. Hombre, Ciencia y Tecnología* 44(4):1-10.

Steudle, E. 2001. The cohesion-tension mechanism and the acquisition of water by plant roots. *Annual Review of Plant Biology*. *Plant Mol. Biol.* 52: 847-875.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2008. *Plant physiology*. Quinta Edición. Editorial Cinaur. New York, USA. 623 p.

USO DEL BAGAZO DE *Agave* spp Y HOJAS DE MAÍZ PARA CULTIVAR EL HONGO *Pleurotus ostreatus*¹

[WASTE PULP FROM *Agave* spp AND CORN LEAVES USED TO GROWTH THE MUSHROOM *Pleurotus ostreatus*]

Jasciel Chairez-Aquino, José Raymundo Enríquez-del-Valle[§], Judith Ruíz-Luna, Gisela Virginia Campos-Ángeles, Rosalva Martínez-García

Instituto Tecnológico del Valle Oaxaca (ITVO), Nazareno; Xoxocotlán, Oax., C.P. 71230. [§]Autor para correspondencia: (jenriquezdelvalle@yahoo.com)

RESUMEN

En Oaxaca, México, se producen 2.95 millones de litros de la bebida mezcal y generan 23.5 miles de t de fibra residual (bagazo), que conviene aprovechar como sustrato para el crecimiento de hongos comestibles. Se propuso un experimento con cinco tratamientos para evaluar el uso de bagazo de *Agave* y hojas secas de *Zea mays*, solos o combinados como sustrato para inocular y cultivar hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*). Las unidades experimentales fueron bolsas de polipapel transparentes (60 x 40 cm) con 2 kg de alguno de los sustratos pasteurizados-inoculados con el hongo. Los cultivos se incubaron durante 18 días en oscuridad y posteriormente 43 días bajo iluminación difusa, durante los cuales la invasión micelial, rendimiento de cuerpos fructíferos y eficiencia biológica se evaluaron. Los hongos inoculados en sustratos con mayores proporciones de bagazo de agave colonizaron este sustrato en 17 días. El hongo en sustrato de bagazo de *Agave*, en las mezclas de bagazo-hojas secas de maíz, y en sustrato de hojas secas de maíz, produjo 500.24, 531.67-617.83 y 752.37 g de cuerpos fructíferos, respectivamente. Cultivar hongos de *Pleurotus ostreatus* es una alternativa para usar el bagazo de agave acumulado en las inmediaciones de las destilerías de mezcal.

Palabras clave: *Agave angustifolia*, *Zea mays*, cultivo de hongos comestibles, sustratos.

ABSTRACT

In Oaxaca, Mexico, 2.95 million liters of the beverage mezcal are produced and 23.5 thousands of metric ton of waste pulp are generated, which could be used as substrate to growth edible mushroom. For that reason, the growth of the edible mushroom (*Pleurotus ostreatus*) inoculated in substrates containing waste pulp from *Agave* and dry corn leaves (*Zea mays* L.), alone or mixed was evaluated in an experiment with five treatments. The experimental units were transparent bags of polypaper (60 x 40 cm) containing 2 kg of pasteurized substratum, inoculated with the mushroom. Crops were incubated for 18 days at dark and after 43 days under diffused light, in which the micelial invasion, the yield of fructification bodies and the biological efficiency were evaluated. The mushroom inoculated in agave waste pulp completely

¹ Recibido: 27 de enero de 2015.

Aceptado: 14 de mayo de 2015.

colonized this substrate in 17 days and produced 500.24 g of fructification bodies which was less than the 531.67 to 617.83 g of fructifications bodies obtained in the mushroom inoculated in the bagasse- corn leaf mixtures, and the 752.37 g obtained in the substratum of corn leaves. Growing of edible mushroom of *Pleurotus ostreatus* is an alternative for use the residual fibers of agave accumulated in the surrounding areas of the mescal distilleries.

Index words: *Agave angustifolia*, *Zea mays*, growth of edible mushroom, substrates.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de mezcal es la segunda actividad agroindustrial más importante que se realiza en el estado de Oaxaca, e involucra a siete distritos: Sola de Vega, Miahuatlán, Yautepec, Tlacolula, Ocotlán, Ejutla y Zimatlán (Ramales *et al.*, 2002), en donde anualmente se producen 2.95 millones de litros, que representan el 66% de la producción nacional (SAGARPA *et al.*, 2004) y generan 23.5 miles de t de fibra residual (bagazo), Una planta de maguey mezcalero *Agave angustifolia* se cosecha entre los siete a nueve años de cultivo, de la que se obtiene una piña (tallo y base de las hojas en roseta) que pesa 80.87 kg con 21.16% de azúcares reductores totales, en base a peso fresco (Cruz-García *et al.*, 2013).

En el proceso artesanal se usan en promedio 10 kg de materia prima de agave y se generan aproximadamente de 6-8 kg de bagazo húmedo por cada litro de la bebida (SAGARPA *et al.*, 2004). El bagazo de agave es una fibra de color café, con olor característico a mezcal. Está compuesto de celulosa (59.3%), lignina (17.2%) y hemicelulosa (15.4%), que le confiere características de gran resistencia a la degradación por los microorganismos presentes de manera natural en el ambiente (Platt *et al.*, 1984).

Este material que se acumula sin tratar en las inmediaciones de las destilerías, contamina el ambiente; además, ocurre la proliferación de roedores, insectos plaga, bacterias y hongos microscópicos. Parte del bagazo de maguey se le utiliza como combustible en las destilerías, otra parte se suele mezclarlo con abono orgánico y tierra arcillosa, para elaborar adobes. Sin embargo, en los usos anteriores sólo se ocupa el 10% del bagazo. También es común que el bagazo parcialmente descompuesto se distribuya en los campos de cultivo. Se considera que este recurso que tiene un costo de adquisición, se podría utilizar para obtener otros productos que beneficien a las comunidades campesinas.

Los hongos del género *Pleurotus* son basidiomicetos de pudrición blanca, con alto valor nutricional, propiedades terapéuticas y diversas aplicaciones biotecnológicas. *Pleurotus ostreatus* tiene la capacidad de crecer en material vegetal pues sintetiza enzimas que degradan grandes polímeros como celulosa, lignina y hemicelulosa (Martínez- Carrera. 1984; Manjarrés *et al.*, 2010), por lo que Guzmán *et al.* (1993) y Romero *et al.* (2010) consideran a la biotecnología de hongos comestibles como una opción con amplias perspectivas para producir alimentos de alto valor calórico a partir de esquilmos y residuos agroindustriales.

Por lo anterior, la presente investigación tuvo el objetivo de evaluar el cultivo de *P. ostreatus* al inocularlo en bagazo de agave sólo o combinado con hojas secas de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el cepario y la planta piloto de producción de hongos comestibles del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, a los 17° 00' de latitud Norte, 96° 46' de longitud Oeste y 1650 msnm (INEGI, 2001). La cepa de *P. ostreatus* estaba conservada en cajas Petri de 90 x 10 mm, de vidrio, estériles, con medio de extracto de malta y agar (EMA) (BIOXON, EUA) e incubados a 25 °C en el laboratorio de hongos comestibles e identificada en el herbario etnomicológico “Teofilo Herrera” del ITVO. Después de 20 días de incubación en el medio citado, el micelio producido se inoculó en 100 g de semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) esterilizadas en autoclave contenidas en frascos de vidrio de 15 cm de alto x 8 cm de diámetro y 753 cm³ de capacidad; y estos cultivos se incubaron por 18 días en condiciones de oscuridad a temperatura ambiente de 18 a 25 °C.

El bagazo de maguey se obtuvo en una destilería de mezcal, en la comunidad de San Baltazar Chichicapam, Ocotlán de Morelos, Oaxaca. Las hojas secas de maíz se colectaron posterior a la cosecha de mazorcas en una parcela de la misma comunidad. El bagazo fue lavado en tres ocasiones sucesivas con agua potable y posteriormente fue inmerso durante 20 h en una solución de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 3%, para eliminar los azúcares adheridos a las fibras y reducir condiciones propicias para la proliferación de microorganismos no deseados.

Las hojas secas de maíz sólo se sometieron a un lavado previo con agua potable y cortaron en segmentos que no sobrepasaron los 10 cm de longitud, para facilitar su invasión por el micelio. Los sustratos ya lavados, se sometieron por separado a pasteurización para eliminar algunos microorganismos: hongos y bacterias, que competirían con el hongo de interés; además, éste proceso propició la hidratación del sustrato. La pasteurización consistió en sumergir por separado estos materiales en agua a temperatura 80 °C, durante 60 min. El material pasteurizado se colocó en una mesa estéril donde se enfrió y escurrió el exceso de agua. Se prepararon cinco sustratos: 1) bagazo de agave (BA); 2) Hojas secas de maíz (HM); 3) 50% BA- 50% HM; 4) 75% BA- 25% HM; 5) 25% BA- 75% HM.

Posteriormente, se metieron 2 kg de sustrato en cada bolsa de polipapel de 60 x 40 cm previamente esterilizadas en autoclave a 121°C durante 15 min. La inoculación del sustrato se realizó en condiciones asépticas proporcionadas por una cámara de aire filtrado de flujo laminar horizontal y el uso de mecheros de alcohol. En cada bolsa de polipapel con alguno de los sustratos, se distribuyeron uniformemente 120 g de inóculo (semilla de trigo con micelio del hongo) y se cerró herméticamente la bolsa.

La unidad experimental fue una bolsa con sustrato y se tuvieron siete repeticiones por sustrato. Los sustratos inoculados se ubicaron en un recinto de 3×3 m y 2.7 m de altura, muros de mampostería y techado de lámina galvanizada, en donde se incubaron durante 18 días en condiciones de oscuridad a temperatura ambiente de 21 a 26 °C. Transcurrido este tiempo de incubación las bolsas se colocaron colgantes en estructuras de madera y estuvieron expuestas a radiación solar difusa, entre 11 y 12 h por día. Cuando se observó el surgimiento de primordios (generación de puntos de crecimiento) a través del abultamiento del micelio, a las bolsas se realizaron cortes longitudinales de 2 a 5 cm en los lugares que coincidían con los primordios para así favorecer el intercambio gaseoso y el crecimiento de los cuerpos fructíferos.

Durante el crecimiento y desarrollo de cuerpos fructíferos, se aplicaron mediante un atomizador tres riegos al día, con agua previamente esterilizada en autoclave a 121 °C, durante 15 min. La cosecha de cuerpos fructíferos maduros se realizó cuando el borde del píleo estaba totalmente extendido y exponiendo sus láminas que liberaban esporas. Se realizaron cosechas en tres fechas, a los 23, 41 y 61 días posteriores a la inoculación del sustrato. A partir de la inoculación del sustrato y hasta la primer cosecha, se evaluó la invasión micelial (porcentaje de sustrato colonizado). Y en cada una de las tres cosechas se determinó el rendimiento (g) y la eficiencia biológica (EB) (el cociente del peso de los hongos frescos dividido entre el peso seco del sustrato, expresado en porcentaje).

El experimento se estableció según un diseño completamente al azar. Los datos se sometieron a análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Para la rutina de análisis estadístico se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ya que el bagazo de agave y de las hojas secas de maíz tienen de 14 a 17% de lignina, que es un componente utilizado selectivamente como alimento por los hongos *Pleurotus* spp. (Manjarrés *et al.*, 2010) en el presente trabajo, el micelio de *P. ostratus* se adaptó y colonizó totalmente el volumen de cualquiera de los sustratos entre 17 y 18 días posteriores a la inoculación. Los análisis de varianza (Cuadro 1) mostraron que los cinco sustratos tuvieron efectos diferentes significativos ($P \leq 0.05$) en el rendimiento de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* obtenidos en cada uno de las tres cosechas realizadas.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*.

		<u>Cuadrados medios y significancia</u>				
		1er cosecha	2a cosecha	3er cosecha	Total	EB
F.V.	G.L.					
Tratamiento	4	9085.1893*	8405.736**	7780.269**	71681.158**	4792.095**
Error	30	2799.2732	1273.697	1014.038	3289.494	74.001
Total	34					

F.V.= fuentes de variación; G.L.= grados de libertad; *= $P \leq 0.05$; **= $P \leq 0.01$; EB= eficiencia biológica.

En los sustratos de hojas de maíz, mezclas de hojas de maíz- bagazo de agave, y bagazo de agave el hongo alcanzó mayor, intermedio y menor rendimiento de cuerpos fructíferos, respectivamente. En todos los sustratos se observó que en la primer cosecha se obtuvo entre el 44 y el 50% del rendimiento, en la segunda cosecha se obtuvo entre 30 y 33% del rendimiento y en la tercer cosecha ocurrió entre 17 y 22% del rendimiento total (Cuadro 2), lo cual coincide con datos reportados por Bernabé-González *et al.* (2004), quienes al cultivar una cepa de *P. pulmonaris*, se registró que en las primeras dos cosechas se obtuvo entre el 72 y el 87% de la producción total.

En la primera, segunda y tercer cosechas y el total de las tres, se observó que en el sustrato de sólo hojas secas de maíz, se obtuvieron rendimientos de 332.01, 247.7, 172.61 y 752.37 g de cuerpos fructíferos, cantidades que fueron respectivamente 1.37, 1.48, 1.89 y 1.50 veces y

significativamente diferentes (Tukey, 0.05) a los rendimientos obtenidos en el hongo inoculado en el sustrato de bagazo de maguey. En los hongos inoculados en las mezclas de hojas de maíz y bagazo de agave se observó una tendencia a obtener mayores rendimientos de cuerpos fructíferos conforme se aumentó la proporción de hojas de maíz en la mezcla de sustrato (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de cuerpos fructíferos en las tres cosechas realizadas, total y eficiencia biológica.

Sustrato		Rendimiento (g) y (% del total) de cuerpos fructíferos				EB
%BA	%HM	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Total(g)	(%)
100 -	0	242.10 (48.4) b	167.12 (33.4) b	91.02 (18.2) b	500.24 c	65.4 d
0 -	100	332.06 (44.1) a	247.70 (33.0) a	172.61 (23.0) a	752.37 a	131.6 a
50 -	50	270.93 (50.1) ab	176.54 (32.7) b	93.83 (17.3) b	541.30 bc	82.6 c
75 -	25	264.16 (49.6) ab	162.13 (30.4) b	105.39 (20.0) b	531.67 bc	74.3 cd
25 -	75	307.74 (50.0) ab	190.36 (31.0) b	119.72 (19.0) b	617.83 b	99.9 b
DMS		82.03	55.33	49.37	88.92	13.1

En cada columna medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). BA= Bagazo; HM=hojas de maíz; EB= eficiencia biológica; DMS= Diferencia mínima significativa.

La eficiencia biológica (EB), se expresa como el peso fresco de los cuerpos fructíferos entre el peso seco del sustrato, multiplicado por 100 (Stamets, 1993) que indica la eficiencia del hongo en producir biomasa fresca por unidad de materia seca de sustrato (Martínez-Carrera, 1984). *Pleurotus ostreatus* ha sido cultivado en diversos materiales lignocelulósicos en que se obtienen variaciones de EB: pajas de trigo (EB= 129.3%), pajilla de frijol (EB= 82.9%), rastrojo de maíz (EB= 81.0%), hoja de plátano deshidratada (EB= 123.3%) (Romero *et al.*, 2010). En el presente trabajo, el análisis de varianza (Cuadro 1) mostró que el tipo de sustrato tuvo efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) sobre la eficiencia biológica de *P. ostreatus*.

Los hongos inoculados en el sustrato de hojas secas de maíz y la mezcla con mayor proporción de este mismo material (hojas secas de maíz 75% - 25% bagazo de agave) tuvieron 131.6% y 99.9% de EB, respectivamente, cantidades que fueron estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha=0.05$); así mismo, la EB de los hongos inoculados en las hojas de maíz fue superior y significativamente diferente a los 65.4% de EB que tuvieron los hongos inoculados en el bagazo de maguey mezcalero y a los 74.3 a 99.9% de EB que tuvieron los hongos inoculados en las diversas mezclas de bagazo de maguey con hojas secas de maíz (Cuadro 2).

La EB de los hongos inoculados en el bagazo de agave mezcalero fue superior 60% de EB obtenida en una cepa de *Pleurotus* sp. inoculada en bagazo de agave tequilero (Martínez-Carrera, 1984), estas diferencias podrían explicarse mediante una hipótesis a ser comprobada, a la condición diferente de los bagazos resultantes del proceso de elaboración de las bebidas destiladas, pues en el proceso de elaboración artesanal de mezcal en Oaxaca, las fibras son sometidas al proceso de cocción y están presentes durante la fermentación de los azúcares e incluso durante la destilación, condiciones que consecutivamente debilitan las estructuras lignocelulósicas y facilitan la invasión micelial. Mientras que en el proceso industrial de elaboración del tequila, las fibras están presentes durante la etapa de cocción de las piñas, pero el bagazo es separado de los azúcares antes de que estos sean sometidos a fermentación.

CONCLUSIONES

El bagazo de maguey mezcalero es un material adecuado en su uso como sustrato para el cultivo del hongo *P. ostreatus*, lográndose una mejor producción y eficiencia biológica si se combina con hojas secas de maíz en una mayor proporción. Por lo que, su uso en el cultivo de hongos comestibles puede reducir notablemente la acumulación actual de las fibras residuales del agave (bagazo) en las agroindustrias del mezcal.

LITERATURA CITADA

- Bernabé-González, T., M. Cayetano-Catarino, A. Adán-Díaz y M. A. Torres-Pastrana. 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Micología* 18: 77-80.
- Cruz-García, H., J.R. Enríquez-del Valle, V.A. Velasco-Velasco, J. Ruíz-Luna, G.V. Campos-Ángeles, D.E. Aquino-García. 2013. Nutrimientos y carbohidratos en plantas de *Agave angustifolia* Haw. y *Agave karwinskii* Zucc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1161-1173.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto-Velazco y L. Guzmán-Dávalos. 1993. El Cultivo de hongos comestibles con especial atención a especies tropicales y subtropicales. IPN. México D.F. 245 p.
- INEGI. 2001. Anuario estadístico del estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. 640 p.
- Manjarrés, K., A. Castro y E. Rodríguez. 2010. Producción de lactasa utilizando *Pleurotus ostreatus* sobre cáscaras de plátano y bagazo de caña. *Revista Lasallista de Investigación* 7(2): 9-15.
- Martínez-Carrera, M. 1984. Perspectiva sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales en México. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 19: 207-219.
- Platt, M. W., Y. Hadar and I. Chet. 1984. Fungal activities involved in lignocelluloses degradation by *Pleurotus*. *Appl. Microbiol Biotecnology*. 20: 150-154.
- Ramales, O., C. Martin y R. M. Barragan. 2002. Industria del mezcal y la economía oaxaqueña. *In: Observatorio de la Economía Latinoamericana*. pp: 4-7.
- Romero, O., M. Huerta, M. A. Damian, A. Macias, A. M. Tapia, J. F. C. Paraguirre y J. Juárez. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L. cv. Roatán) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense* 34: 53- 63.
- SAGARPA, Gobierno del Estado de Oaxaca y Consejo Oaxaqueño del Maguey y Mezcal A.C. 2004. Diagnóstico de la cadena productiva del sistema producto maguey-mezcal. Oaxaca, México. 213 p.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT User's guide volume 2 version 8.0. SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA. pp. 130- 185.
- Stamets, P. 1993. Growing gourmet and medicinal mushroom. Ed 10. Speed Press. California. pp: 55-57.

ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA DE *Pinus oaxacana* MIROV Y APLICACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO¹

[ECOLOGICAL ZONING OF *Pinus oaxacana* MIROV AND APPLICATION OF SIMULATION MODELS OF THE CLIMATE CHANGE EFFECT]

Eric Javier Picazo Olmedo^{1§}, José Cristóbal Leyva López², Paulina Zamora Moreno³, Judith Martínez de la Cruz²

¹Tesista de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Ex hacienda Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230. ²Profesor, ITVO. ³Técnico CONAFOR-Oaxaca. [§]Autor para correspondencia: (ej_picazo@hotmail.com)

RESUMEN

El conocimiento del cambio climático es fundamental para el análisis de la vulnerabilidad y para determinar estrategias de adaptación. El objetivo fue realizar la zonificación actual y futura para *Pinus oaxacana*, especie prioritaria para la CONAFOR en Oaxaca. Se revisó información bibliográfica y documental, entrevistas con expertos en la especie y se tomaron datos de los huertos semilleros establecidos en San Juan Bautista Atlatlahuaca, ETLA y Santa Catarina Ixtepeji, Ixtlán, para conocer sus requerimientos ecológicos. Se utilizó el software ArcGis 10 y se obtuvieron los modelos de elevación digital y se interceptaron con las cartas climáticas (Isoyetas e Isotermas), edáfica y de uso del suelo y vegetación. Con los datos de los requerimientos ecológicos, se calificó en niveles de aptitud actual en alto, moderado y poco potencial. Para la zonificación futura de los años 2030, 2060 y 2090, se tomó como referencia la zonificación actual y aplicándose los modelos de simulación de cambio climático principalmente el modelo canadiense y con una emisión pesimista. En el modelo de zonificación actual se observa que *Pinus oaxacana* ocupa actualmente el 10.5% de la superficie total del estado de Oaxaca, encontrándose en la Mixteca, Sierra Norte y Sur, y Valles Centrales, pero al aumentar la temperatura habrá cambios graduales al 2030 o drásticos al 2090 en la distribución de la especie, por lo que desaparecerá de algunas áreas o migrará a otras.

Palabras clave: *Pinus oaxacana* Mirov, nivel de aptitud, requerimiento ecológico.

ABSTRACT

Knowledge of climate change is essential for the analysis of vulnerability and to identify adaptation strategies. The objective was to carry out current and future zoning for *Pinus oaxacana*, priority species for the CONAFOR in Oaxaca. We reviewed bibliographic and documentary information, interviews with experts on the species and data of the seed orchards established in San Juan Bautista Atlatlahuaca, ETLA and Santa Catarina Ixtepeji, Ixtlan, were taken in order to learn their ecological requirements. Digital elevation models were obtained using ArcGis 10 software and intercepted with weather charts (Isohyets e isotherms), soil and soil and vegetation use. Using data of the ecological requirements, the current aptitude was ranked in high, moderate and low potential levels. For the future zoning of the 2030, 2060 and 2090 years, the current zoning was taken as a reference applying simulation of climate change models, mainly the Canadian with a

¹ Recibido: 15 de noviembre de 2014.
Aceptado: 20 de marzo de 2015.

pessimistic broadcast model. Current zoning model shows that *Pinus oaxacana* is currently 10.5% of the total area of the Oaxaca State, found it in the Mixteca, Sierra Norte and Sur, and Valles Centrales, but increasing the temperature will change gradually to 2030 or drastic manner to 2090 in the distribution of the species, so it will be removed from some areas or migrate to others.

Index words: *Pinus oaxacana* Mirov, aptitude level, ecological requirement.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace poco se consideraba al cambio climático (el calentamiento global) como algo poco probable, pero hoy en día se reconoce cada vez más como algo real y peligroso. El cambio climático es en parte el resultado del efecto de invernadero, el cual a su vez es el resultado de la acumulación de gases con efecto invernadero en la atmósfera (Bishop y Landell-Mills, 2007). El “cambio climático global”, “efecto invernadero”, y “calentamiento global” son términos que expresan la preocupación del público, de la comunidad científica y de los gobiernos a escala internacional (Krupa, 1999).

Como consecuencia del incremento de gases de invernadero en la atmósfera, durante el último siglo se observó un aumento en la temperatura promedio de la tierra (entre 0.4 y 0.8 °C) claramente mayor que cualquier otro experimentado en los últimos mil años. Las dos décadas recientes fueron las más calientes (SEMARNAT-Hombre Naturaleza, 2004).

Los problemas más importantes que se han generado, como resultado de la contaminación antropogénica, son: la lluvia ácida, el efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono, el smog fotoquímico y el invierno nuclear, todos ellos producto de la contaminación atmosférica (Voguel y Alba, 1997).

El calentamiento mundial provocado por el aumento de la emisión de gases de efecto invernadero no es, de ninguna manera, el único agente importante del cambio climático. Factores como el cambio en el uso del suelo también pueden ser importantes a nivel local. En el caso particular de América Latina, este constituye una de las principales fuentes de emisión de Gases de efecto Invernadero.

El hombre, a través de sus actividades, ha cambiado la atmósfera, afectándose a sí mismo y a todos los organismos vivientes. Esto adquiere bases sólidas, al considerar que a través de millones de años fueron surgiendo, a partir de un principio generador de vida, las diferentes formas vivas, las cuales se adaptaron al modo de vida actual, en un proceso fino y extraordinariamente bien calculado; esta trayectoria gradual y equilibrada fue sumamente exitosa. En la actualidad, esa pléyade de organismos, y el hombre mismo, se enfrentan a cambios súbitos, a alteraciones atmosféricas difíciles de superar en el corto plazo como las que han ocurrido en menos de un siglo, ya que su adaptación esta precisamente acoplada a una atmósfera con una composición definida (De la Isla, 2002).

Como parte esencial del trabajo de la Gerencia de Reforestación de la CONAFOR, se seleccionan las especies más adecuadas antes de plantear esquemas de reforestación. Para ello, es indispensable realizar una zonificación ecológica de especies forestales a nivel regional, estatal y nacional. A su vez, es muy necesario incluir en esta zonificación, una proyección del movimiento altitudinal y latitudinal para el desarrollo de las especies prioritarias definidas, ante los efectos del

cambio climático que se han venido presentando. De esta manera, los programas de conservación y restauración pueden planearse de mejor manera y se favorecerá la elaboración de proyectos de migración asistida de las especies forestales prioritarias para su conservación e incluso para su mejoramiento genético (García y Sierra, 2010).

Ante lo cual es necesario considerar escenarios de cambio climático. Los escenarios de cambio climático son un ingrediente indispensable para el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático (Conde y Gay, 2008).

El clima se define como las estadísticas meteorológicas; la variabilidad a pequeña escala, de algunas décadas o menos, suele denominarse variabilidad climática, en tanto que la variabilidad a una escala cronológica mayor que la de unas pocas décadas suele denominarse cambio climático. Puesto que no podemos realizar experimentos de laboratorio, se necesitan modelos climáticos para poder formular predicciones del cambio climático futuro, especialmente como consecuencia del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque los modelos climáticos mundiales simulan adecuadamente el clima de hoy en día, su resolución horizontal es demasiado rudimentaria para realizar estudios de impacto a escala regional. Para realizar dichos estudios se requieren modelos climáticos regionales, sobre todo en los casos en que existen grandes o muchos controles topográficos sobre el clima.

Los especialistas han desarrollado para México modelos de simulación, como el realizado por Cuauhtémoc Sáenz Romero, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH, Morelia, Michoacán, México, en coordinación con Gerald E. Rehfeldt, Nicholas L. Crookston, Bryce A. Richardson, de Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service, Moscow, Idaho, USA y Pierre Duval, Rémi St-Amant, Jean Beaulieu, del Service canadien des forêts, Ressources naturelles Quebec Canadá. De aquí se desprende la investigación “Spline models of contemporary, 2030, 2060 y 2090 para los climas de México y su uso en la comprensión de los impactos del cambio climático sobre la vegetación”, en el cual se modelaron varios escenarios de clima de México para los años 2030, 2060 y 2090. Cada escenario climático es la combinación de suponer cierto nivel de emisión de gases con efecto invernadero, llamados “escenarios de emisiones” y utilizar resultados de predicciones de modelos de simulación del clima a nivel mundial, llamados “Modelos de Circulación Global” (García y Sierra, 2010).

El objetivo de este trabajo fue realizar una zonificación actual y futura de *Pinus oaxacana* Mirov especie con potencial para reforestación en el estado de Oaxaca simulando los efectos del cambio climático para los años 2030, 2060 y 2090.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estado Libre y Soberano de Oaxaca fue creado por decreto del H. Congreso de la Unión el 3 de febrero de 1824. Políticamente está dividido en 30 distritos, 570 municipios (24% de los municipios del país) y cuenta con más de 10 000 localidades. Su nombre proviene del náhuatl *huaxyacac*, que significa “en la nariz de los guajes”. Ubicada en la porción meridional de la República Mexicana, limita al norte con Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al sur con el

Océano Pacífico y al oeste con Guerrero. Las coordenadas extremas de Oaxaca son: al norte 18° 39' y al sur 15° 39' de latitud norte; al este 93° 52' y al oeste 98° 32' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 95 364 km², lo que representa 4.8 % del territorio nacional. Cuenta con una regionalización económica que reconoce ocho regiones: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales. Oaxaca está habitada por 16 grupos culturales: amuzgos, chatinos, chinantecos, chochos, chontales, cuicatecos, huaves, ixcatecos, mazatecos, mixes, mixtecos, nahuas, triquis, zapotecos, zoques y popolocas (García-Mendoza *et al.*, 2004).

En el estado de Oaxaca se tienen identificadas doce subprovincias fisiográficas: Depresión del Balsas, Montañas y Valles del Occidente de Oaxaca, Fosa de Tehuacán, Sierra Madre de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo (Papaloapan y Coatzacoalcos), Valles Centrales de Oaxaca, Montañas y Valles del Centro, Depresión Istmica de Tehuantepec, Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Región de los Chimalapas), Sierra Madre del Sur, Planicie Costera del Pacífico y Planicie Costera de Tehuantepec. En la Subprovincia fisiográfica Sierra Madre del Sur se encuentra la cúspide más alta del estado, el Cerro Quiexoba, con una altitud de 3750 m (Ortíz-Pérez *et al.*, 2004).

Dada la complejidad orográfica de Oaxaca, el resultado es una gran complejidad climática, producto de la presencia de distintas zonas térmicas, combinadas con una distribución desigual de la lluvia y el efecto espacial diferencial de los sistemas meteorológicos que afectan al estado. Debido a esto, en el territorio oaxaqueño es posible encontrar climas cálidos, desde húmedos y subhúmedos hasta áridos y muy áridos, así como templados con un alto grado de humedad, hasta aquellos en donde la aridez es un factor importante, y climas semifríos de húmedos de húmedos a subhúmedos (Trejo, 2004).

Torres-Colín (2004) reconoce 26 tipos de vegetación para el estado de Oaxaca agrupados bajo un criterio fisonómico-florístico en formaciones: bosques, matorrales, selvas, vegetación acuática y otros.

Metodología

La especie objeto de este estudio fue *Pinus oaxacana* Mirov (= *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis*) (Farjon y Styles, 1997). Esta se distribuye en La Cañada, Mixteca, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales (Del Castillo *et al.*, 2004). Se realizó la zonificación de la especie a nivel estatal por las condiciones favorables para la especie que puede haber en otras regiones.

Para la realización del presente trabajo se llevaron a cabo las siguientes actividades: 1) Revisión de información bibliográfica y documental (Martínez, 1948; Maldonado, 1984; Perry, 1991; Farjon *et al.*, 1997; Zamora, 2009; López, 2011; Ramírez *et al.*, 2011) así como entrevistas con ingenieros y técnicos forestales para saber dónde se encuentra *Pinus oaxacana* Mirov.

2) Georreferenciación de puntos donde se localizan ejemplares de la especie de interés, obtener la Latitud N, Longitud W y Altitud, utilizando el DATUM WGS84. 3) De los huertos semilleros ubicados en San Juan Bautista Atatlahuaca, distrito de ETLA y Santa Catarina Ixtepeji, distrito de Ixtlán, se obtuvieron datos como: tipo de vegetación en la que se encuentra la especie, con qué tipos de vegetación se asocia, exposición en donde se desarrolla mejor, datos edáficos como la

profundidad, contenido de materia orgánica y salinidad, pendiente del terreno, pedregosidad y geoformas (como valle, cañada y lomerío).

4) Se realizó una clasificación de los sitios con base en las características fenotípicas de los individuos de *Pinus oaxacana* Mirov en altamente potencial (individuos con características fenotípicas excelentes), moderadamente potencial (características fenotípicas sobresalientes) y poco potencial (individuos suprimidos, mal conformados o débiles). 5) Se consultó cartografía de mapas del INEGI y USDA para definir los tipos de suelos y datos climáticos donde se desarrolla la especie, generando un cuadro de requerimientos ecológicos y realizar su zonificación.

6) Se validó la zonificación actual siguiendo la metodología sugerida por García y Sierra (2010). 7) Se utilizó el software ArcGIS 10 para la elaboración de los MDE, la cartografía básica necesaria que se aplicó para la zonificación ecológica de la especie de *Pinus oaxacana* Mirov fue la siguiente: Modelos digitales de elevación (con el cual se realizaron los mapas de altitud, exposición y pendiente); Cartas climáticas (Isotermas e Isoyetas); Cartas edáficas y Cartas de uso de suelo y vegetación

8) Las cartas y MDE se utilizaron para realizar la zonificación actual, en donde se adjuntó para formar un SIG mediante lo antes mencionando, quedando así un mapa base, para calificar en tres aptitudes (alta, moderada y poco potencial). 9) Para el modelo de simulación se utilizó el modelo canadiense y con un escenario pesimista (Sáenz-Romero *et al.*, 2010), con la información obtenida de la página de internet de la USDA, se realizó un SIG para cada año con las cartas y los shapes files obtenidos del MDE y la nueva información que consistía en la simulación en la de precipitación y temperatura para los años 2030, 2060 y 2090.

RESULTADOS

Requerimientos ecológicos y zonificación actual de *Pinus oaxacana* Mirov

La especie se desarrolla mejor y se adapta con los diferentes niveles de altitud, vegetación, temperatura, precipitación, entre otros; se presenta en forma jerárquico los requerimientos esenciales para dicha especie (Cuadro 1).

Una vez obtenido los requerimientos para la especie y los niveles de aptitud, se trabajó en la zonificación de acuerdo al potencial: alto, moderado y poco potencial, obteniendo así la zonificación actual del *Pinus oaxacana* Mirov (Figura 1), resultando con las siguientes superficies: altamente potencial 471,565.83 ha, moderadamente potencial 425,644.96 ha y poco potencial 2099.15 ha, sumando un total de 987,801.96 ha, que representa el 10.5 % de la superficie total del estado de Oaxaca y se encuentra en la regiones de la Mixteca, Sierra Norte y Sur, y una parte de los Valles Centrales.

Modelos de simulación del cambio climático para *Pinus oaxacana* Mirov

Con los modelos de simulación para la especie del *Pinus oaxacana* Mirov se obtuvieron cambios en la distribución de la especie, esto significa que se perderá un gran porcentaje de hectáreas de esta especie, considerando que una parte se tiene que adaptar a esas condiciones o se tendría que buscar nuevas áreas en donde se desarrolle mejor con los mismos requerimientos.

Cuadro 1. Requerimientos y características ecológicas para la especie *Pinus oaxacana* Mirov.

Requerimientos	Nivel de aptitud		
	Altamente potencial	Moderadamente potencial	Poco potencial
Altitud (m)	2101-2600	2601- 2900 y 1801-2100	2901-3200 y 1500-1800
Vegetación	Bosque de pino	Bosque de pino-encino	Bosque de encino-pino
Temperatura (°C)	14-20	10-14 y 20-22	22-24 y 8-10
Precipitación (mm)	1000-1500	750 a 999 y 1501 a 1750	550 a 749 y 1751 a 2000
Suelo	Cambisol, Leptosol y Regosol	Luvisol y Feozem	Acrisol, Vertisol y Umbrisol
Exposición	Norte y noreste	Este, noroeste y oeste	Sur, suroeste, sureste
Pendiente (grados)	0-45	0-45	> 45

Para la simulación para el 2030 se obtuvo un área total de 898,308.93 ha (Figura 2) tomando en cuenta los tres potenciales, comparándolo con la zonificación actual (2013). Se pierden 89,493.0 ha que representa el 9.05% del total de 2013, debido a que la temperatura aumentará 1.5 °C por lo tanto se compensó ajustando la altitud para los tres niveles: Alto; 2201 – 2800, Moderado; 1901 - 2200 y 2801 – 3100 y Poco; 1601 - 1900 y 3101 – 3400.

La simulación para el año 2060 se obtuvo un área total de 781,930.82 ha (Figura 3) del resultado de las tres aptitudes se comparó con la zonificación actual (2013), en este caso, se pierden 205,871.13 ha de la especie, esto representa el 20.08% del total del 2013. La temperatura para ese año (2060) se calcula que aumentará a 2.3°C por lo que se ajustó a los tres niveles aptitud: Alto; 2301 – 2900, Moderado; 2001 – 2300 y 2901 – 3200 y Poco; 1701 – 2000 y 3201 – 3500.

La simulación para el año 2090 se obtuvo un total de 687,601.04 hectáreas de *Pinus oaxacana* (Figura 4) del resultado de los tres niveles de aptitud. Se comparó con la zonificación actual (2013) se pierden 300,200.92 hectáreas que representa el 30.4 % del total. La temperatura para ese año (2090) se calcula que aumentará un 3.7° C por lo que se ajustó la altitud para los tres niveles de aptitud: Alta; 2401 – 3000, Moderada; 2101 – 2400 y 3001 – 3300 y Poca; 1801 – 2200.

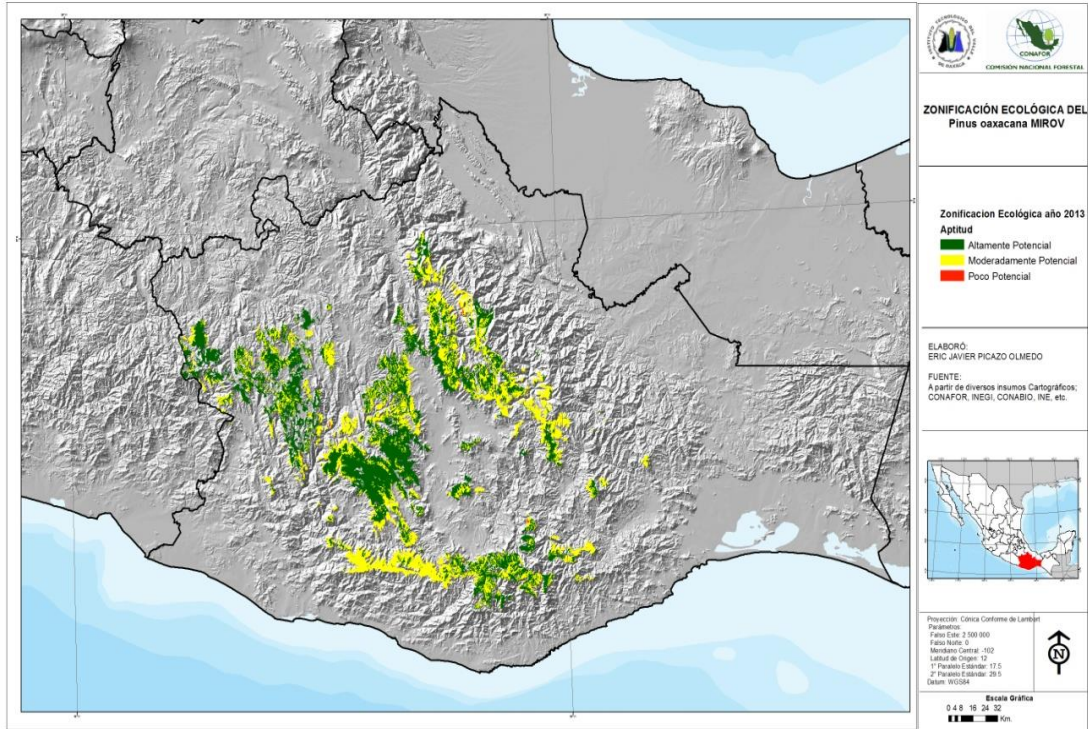


Figura 1. Zonificación actual de *Pinus oxacana* Mirov en el estado de Oaxaca.

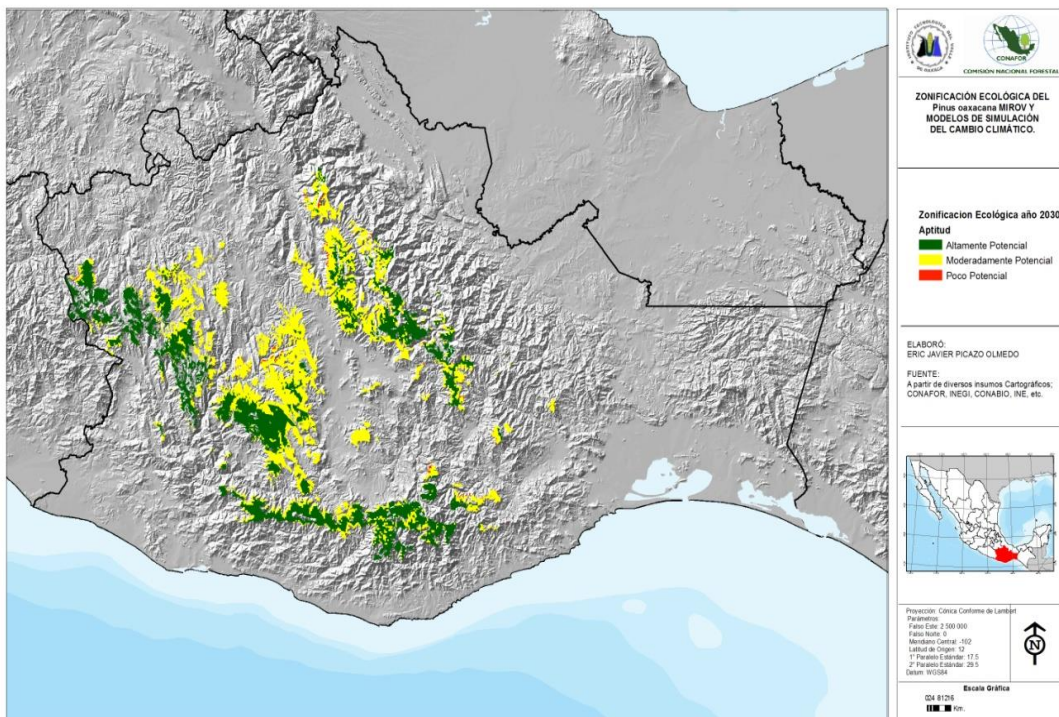


Figura 2. Simulación de la zonificación de *Pinus oxacana* Mirov, año 2030.

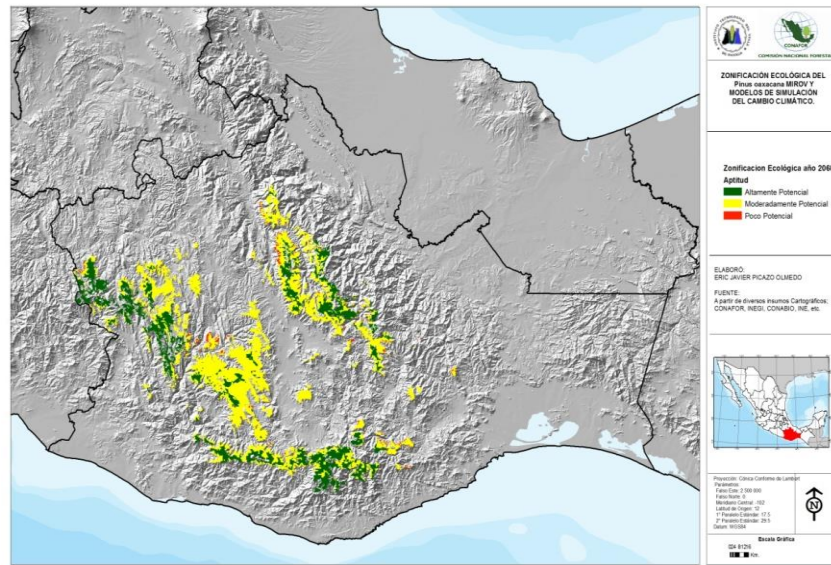


Figura 3. Simulación de la zonificación de *Pinus oxacana* Mirov, año 2060.

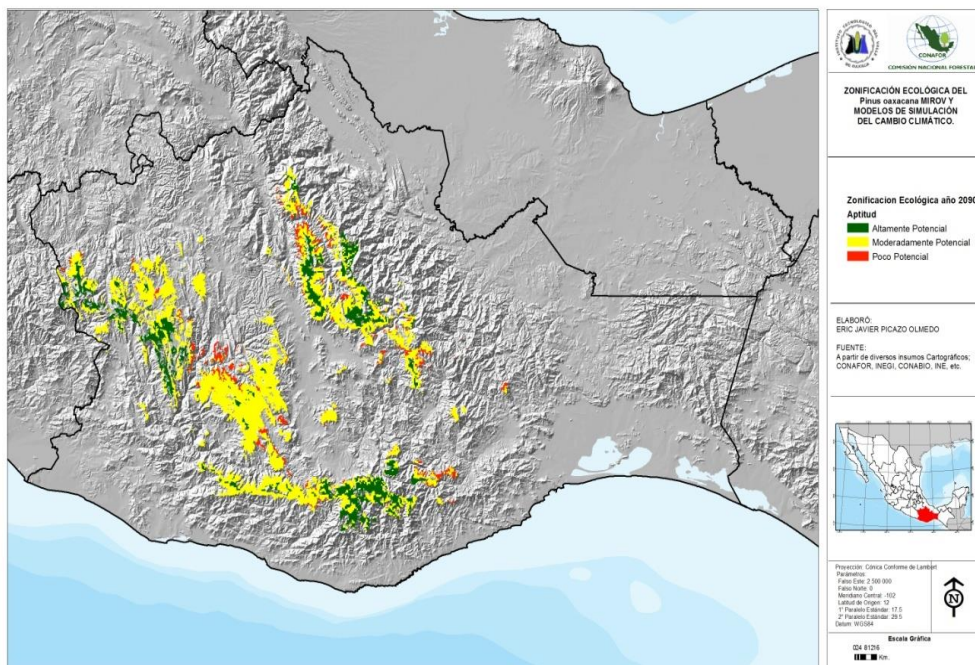


Figura 4. Simulación de la zonificación de *Pinus oxacana* Mirov, año 2090.

DISCUSIÓN

Debido al aumento de temperatura y disminución de la precipitación para los próximos años se reducirá el área natural del *Pinus oaxacana* Mirov. En Términos generales, el clima que ocurre actualmente en un sitio montañoso acontecerá a mayor altitud y el cambio climático en México significará aumento de la temperatura y disminución de la precipitación (Sáenz-Romero *et al.*, 2010).

De acuerdo con la simulación de los años 2030 (pérdida de 89,493.0 ha, 9.05 % del total), 2060 (pérdida de 205,871.13 ha. 20.08 % del total) y 2090 (pérdida de 300,200.92 ha, 30.4 % del total), por lo que a la especie se le va a poder encontrar en lugares más altos debido a que migrará a lugares con mayor altitud en donde existan los requerimientos ecológicos para su desarrollo, reduciéndose el área de altamente potencial a moderadamente y poco potencial. Sáenz-Romero *et al.* (2012) encontraron que en el caso de *Abies religiosa*, se espera una pérdida del hábitat climático propicio de 69.2 % en la década centrada en 2030, de 87.6 % en 2060 y 96.5 % en 2090.

Lo anterior es de vital importancia ya que el *Pinus oaxacana* es una especie prioritaria por ser de importancia económica y por estar cercana o dentro de un área prioritaria o potencial, lo cual obliga a plantear de manera urgente muchas investigaciones sobre Ensayos de Procedencias y Progenies, con el fin de fomentar la migración asistida y mecanismos de conservación de recursos genéticos forestales tanto *in situ* como *ex situ*, por lo que es más que indispensable realizar simulaciones del efecto del cambio climático en la Zonificación Ecológica de las Especies Forestales Prioritarias (García y Sierra, 2014).

CONCLUSIONES

La especie *Pinus oaxacana* Mirov en la zonificación actual (2013) ocupa una área que representa el 10.5% de la superficie total del estado de Oaxaca, ubicándose el área en las serranías del estado. Pero debido al aumento de la temperatura y disminución de la precipitación en los años venideros habrá sin duda cambios significativos de la especie así como en su hábitat donde posiblemente llegue a desaparecer o migrar a nuevas áreas en donde se pueda desarrollar mejor. La superficie ocupada por la especie en 2013, irá disminuyendo 9.05 % en 2030, 20.8% en 2060 y 30.4 % 2090.

LITERATURA CITADA

- Bishop J. y N. Landell-Mills. 2007. Los servicios ambientales de los bosques. *In: La venta de servicios ambientales forestales.* Pagiola S., J. Bishop y N. Landell-Mill (compiladores). SEMARNAT-INE. pp. 47-74.
- Conde A., A.C. y G. C. Gay. 2008. Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 104 p.
- De la Isla de B., M. de L. 2002. Deterioro/Preservación ambiental y agricultura. Colegio de Postgraduados-Instituto de Recursos Naturales. México. 140 p.
- Del Castillo, R. F., J.A. Pérez-de la Rosa, G. Vargas-Amado y R. Rivera-García. 2004. Coníferas. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca.

- Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Word Wildlife Fund, México. pp. 141-158.
- Farjon, A., Pérez de la Rosa J.A. y B. Styles T. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens, Kew-Universidad de Oxford. London. 151 p.
- Farjon, A. y B. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotrópica. Monograph 75. The New York Botanical Garden. Bronx, New York, USA. 291 p.
- García, C. Y. y A.E. Sierra V. 2010. Manual de zonificación ecológica de especies forestales y aplicación de modelos de simulación del efecto de cambio climático. CONAFOR. 104 p.
- García, C. Y. y A.E. Sierra V. 2014. Manual de zonificación ecológica de especies forestales y aplicación de modelos de simulación del efecto de cambio climático 2014-2018. CONAFOR. 135 p.
- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas. 2004. Introducción. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Word Wildlife Fund, México, pp. 43-54.
- Krupa, S.V. 1999. Polución, población y plantas. Versión en español María de Lourdes de la Isla de Bauer. Colegio de Postgraduados. México. 184 p.
- López, L. D. 2011. Evaluación de plantaciones de *Pinus oaxacana* Mirov establecidas en la Mixteca oaxaqueña. Residencia Profesional. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Nazareno, Oaxaca. 80 p.
- Maldonado, R. F. 1984. Índice de sitio y modelos de crecimiento para *Pinus oaxacana* Mirov de la región “Los Coatlán”, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 65 p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Editorial Botas. México, D.F. 361 p.
- Ortíz-Pérez, M.A., J.R. Hernández Santana y J.M. Figueroa Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Word Wildlife Fund, México, pp. 43-54.
- Perry, J.P. 1991. The pines of México and Central América. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, USA. 231 p.
- Ramírez L., A., H. Navarro G., A. Pérez O. y V.M. Cetina Á. 2011. Experiencia organizativa para la deforestación con *Pinus oaxacana* Mirov en suelos degradados de la Mixteca Oaxaqueña. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2(112): 57-69.
- Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, N.L. Crookston, P. Duval, R. St-Amant, J. Beaulieu and Richardson, B.A. 2010. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic Change* 102:595-623.
- Sáenz-Romero, C., G. E. Rehfeldt, P. Duval and R.A. Lindig-Cisneros. 2012. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management* 275: 98–106.
- SEMARNAT-Hombre Naturaleza. 2004. Saber para proteger. Introducción a los servicios ambientales. México. 71 p.
- Torres-Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Word Wildlife Fund, México, pp. 105-117.

- Trejo, I. 2004. Clima. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Word Wildlife Fund, México, pp. 67-85.
- Voguel M., E. y R. de Alba U. Contaminación atmosférica. *In: Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. Enkerlin E.C., G. Cano, R. A. Garza y E. Voguel (Eds.). International Thomson Editores. México. pp. 385-399.
- Zamora, M. P. 2009. Zonificación ecológica de especies forestales y establecimiento de UPGF'S en el estado de Oaxaca, Región V: Pacifico Sur Oaxaca- Guerrero. Comisión Nacional Forestal. 33 p.

DESARROLLO DE ALIMENTOS FORMULADOS PARA ESPECIES ACUÍCOLAS¹

[DEVELOPMENT OF FOOD FORMULATED FOR AQUACULTURE SPECIES]

Lenin Eleazar Fabián Canseco^{1§}, Jorge Luis Casas Lemini¹, Alma Delia Fernández Suárez¹, Román Rodríguez Flores¹, Herlindo Ramírez López¹, Álvaro Chávez Galavíz¹, Omar Vázquez Lozada¹, Sergio Duran Alonso².

¹Profesor-Investigador, Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL), Tlatlauquitepec, Puebla, México.

²Estudiante, ITSTL, Tlatlauquitepec, Puebla, México. [§]Autor para correspondencia (len.canseco@gmail.com, biolemini@gmail.com, almadeliafernandez@hotmail.com, romvi_bio@hotmail.com, Ing_herlindo_jr@hotmail.com, itstl_crad@live.com.mx, omar.vazquez.ing@gmail.com, eminemcina@hotmail.com).

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue identificar insumos para la elaboración de alimentos para acuicultura en Tlatlauquitepec, Puebla. Se realizó una caracterización nutrimental y caracterización organoléptica (olor, color y consistencia) del ensilado (hidrolizado) de estos insumos; así también, se evaluó la aceptación de los productos elaborados en la alimentación de *Cambarellus* sp. y *Betta splendens*. De las actividades agrícolas de la región, se identificaron subproductos que pueden ser utilizados como insumos en la fabricación de alimentos como: la cascarilla de frijol y la cascarilla o vaina del haba; de las actividades comerciales se identificaron como insumos, desechos de la compra-venta de pescado fresco, compra-venta de pollo y res destazada. Los ensilados realizados con desechos de pescado fueron hidrolizados con ácidos en diferentes proporciones: a) 1% (w/v) de ácido sulfúrico al 98 %; b) 1% (w/v) de ácido clorhídrico al 98%; c) 0.5% (w/v) de ácido sulfúrico al 98% y 0.5 mL (w/v) de ácido clorhídrico. Los resultados mostraron que las características organolépticas de los ensilados, fueron aceptables, sin ningún indicador de descomposición. El pH fue estable para los tres ensilados (menor a 4.5). Se concluye que la harina de cascarilla de haba y ensilado de desechos de pescado son insumos potenciales en la zona como un sustituto de insumos proteicos.

Palabras clave: Acuicultura, ensilados, insumos, pescado.

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify inputs for aquaculture feed production in Tlatlauquitepec, Puebla. A nutritional and organoleptic characterization (smell, color and consistency) of silage (hydrolyzed) of these inputs was performed; also, the acceptance of the products made in *Cambarellus* sp. and *Betta splendens* feeding was evaluated. Of agricultural activities in the region, subproducts that can be used as inputs in the manufacture of foods were identified, as: bean husk and husk or pod of broad bean; from commercial activities were identified as inputs: waste from the marketing of fresh fish, chicken and beef butchered. Silage made from fish waste was hydrolyzed with acids in different proportions: a) 1% (w/v) of sulfuric acid 98%; b) 1% (w/v) of hydrochloric acid 98%; c) 0.5% (w/v) of sulfuric acid 98% y 0.5 mL (w/v) of hydrochloric acid 98 %. The results showed that the characteristics of organoleptic silage were acceptable, without any decomposition indicator. pH was stable for the three silages (less

¹ Recibido: 15 de noviembre de 2014.

Aceptado: 20 de abril de 2015.

than 4.5). It is concluded that the flour of broad bean husk and forage of fish waste are potential inputs in the area as a substitute for protein intake.

Index words: *Aquaculture silage, supplies, fish.*

INTRODUCCIÓN

La producción acuícola mundial ha seguido creciendo en el nuevo milenio. En el transcurso de medio siglo, la acuicultura ha pasado de ser casi insignificante a equipararse totalmente a la producción de la pesca de captura en cuanto a la alimentación de la población en el mundo. Este sector también ha evolucionado respecto a innovación tecnológica y la adaptación (FAO, 2012). Este desarrollo que ha tenido en las dos últimas décadas la industria de la acuicultura, está íntimamente ligado al desarrollo de la industria de los alimentos concentrados, siendo verdaderamente notable el progreso logrado en esta última.

En los proyectos acuícolas, la alimentación tiene un papel fundamental en el crecimiento y supervivencia de los organismos, sin embargo, en muchos de estos sistemas de producción, los requerimientos nutricios, fuentes de alimentación no convencionales, tasas de crecimiento, mortalidad y condiciones óptimas para el cultivo reciben poca atención (Ceballos-Barbarito y Galindo-López, 2006).

Hasta hace algunos años, la principal importancia de los alimentos era proveer los nutrimentos necesarios para obtención de un máximo crecimiento, sin embargo, actualmente las dietas tienen el propósito de fungir como alimentos funcionales, es decir, que su función no solo promueva el crecimiento si no que se extienda a incrementar la salud, resistencia al estrés, disminución de enfermedades dentro de los sistemas de cultivo (Escobar-Briones *et al.*, 2006) y minimice el impacto ambiental. Así también los alimentos formulados deben contener ingredientes de bajo costo que aporten los requerimientos alimenticios que permiten a los organismos crecer y estar en un estado saludable. Una mayor proporción de proteínas incrementa el costo del alimento formulado. Los alimentos balanceados son esenciales en el desarrollo de la acuicultura y pueden representar porcentajes superiores al 50% de los costos totales de producción en el cultivo de peces en sistemas intensivos.

Los alimentos comerciales contienen entre 30 a 50% de proteína cruda, principalmente de productos de origen marino como son harinas de pescado, camarón y calamar (Civera *et al.*, 2010). Estos ingredientes alimenticios tienen un alto valor nutritivo y buena palatabilidad; sin embargo, son muy caros y su disponibilidad es variable (Civera *et al.*, 2010). Algunos de estos principales ingredientes que se usan en la formulación de los alimentos provienen de las pesquerías las cuales han llegado a su límite máximo de explotación, situación que restringe el uso actual y futuro de las harinas y aceites de pescado en alimentos acuícolas (García-Ortega *et al.*, 2010). Tomando en cuenta el posible incremento en el costo de los productos de origen marino y la incertidumbre de la disponibilidad a mediano plazo, se ha planteado la necesidad de buscar nuevas fuentes alternativas de proteína, convencionales o no convencionales, tanto de origen animal como de origen vegetal que puedan ser empleadas como sustitutos parciales o totales de la harina de pescado.

Es así, que una línea actual de investigación en acuicultura se ha venido centrando en el estudio de factores que permitan la formulación y elaboración de alimentos que optimicen la

eficiencia productiva y que puedan significar un ahorro en los costos de producción (Civera *et al.*, 2010) y obtener un alimento amigable con el ambiente; es por ello que la optimización en la manufactura, calidad y uso de los alimentos acuícolas ha sido necesaria para incrementar la eficiencia de producción comercial de diversas especies de peces y crustáceos (García-Ortega *et al.*, 2010). Por lo anterior, resultan relevantes las investigaciones enfocadas a encontrar fuentes alternativas de proteína y lípidos para los alimentos acuícolas como los son, por ejemplo, los ingredientes de origen vegetal.

Cabe señalar que otras fuentes de alimentación de dietas que pueden ser considerados con alto contenido proteínico y que minimizan los costos de producción, pueden provenir de fuentes tales como: 1) de origen animal (harina de pescado, camarón, krill, calamar, vísceras, langostinos, entre otros), 2) de origen vegetal (harina de soya, sorgo, trigo, maíz, amaranto, algodón, por mencionar algunos), 3) procedentes de organismos unicelulares (levaduras y micro algas) y 4) aditivos (hormonas, atrayentes, aglutinantes, enzimas, entre otros). En la actualidad, los subproductos de semillas oleaginosas, como la pasta de soya, son las proteínas vegetales más ampliamente utilizadas en la alimentación animal, por su alto contenido de proteína, su amplia disponibilidad y su costo, que generalmente es menor al de la harina de pescado (Civera *et al.*, 2010).

Se han desarrollado diversas investigaciones en la utilización de alimentos balanceados utilizando subproductos tanto de la pesca, como de otras actividades alimentarias como son la agricultura y ganadería para alimentación de diversas especies acuícolas obteniendo buenos resultados. Sudaryono *et al.* (1996) evaluaron diferentes combinaciones de fuentes de proteína animal preparadas de subproductos de la pesca (harina de cabeza de camarón, harina de desperdicios de langosta y harina de desperdicios de mejillones) obteniendo una mejor digestibilidad en camarones en comparación con alimentos a base de harinas de pescado (Civera *et al.*, 2010). Cruz-Suárez *et al.* (2007) evaluaron la sustitución de la harina de pescado con subproductos de pollo en alimentos para *Litopenaeus vannamei* encontrando que los coeficientes de digestibilidad fueron similares y aún superiores al 80% en todos los alimentos.

Bautista-Teruel *et al.* (2003) evaluaron el potencial de la harina de chícharo como fuente alterna a la pasta de soya en alimentos para camarones *Penaeus monodon*, encontrando que los coeficientes de digestibilidad de materia seca y proteína de los alimentos que contenían harina de chícharo se incrementan a medida que se incrementa el reemplazo de la soya. Molina-Poveda y Morales (2004) usaron una mezcla de harina de cebada y gluten de trigo como alternativa en alimentos para camarones *L. vannamei*, encontrando que los organismos alimentados con esta mezcla incrementaron su digestibilidad de proteína y materia seca, concluyendo que la mezcla puede sustituir en su totalidad a la proteína de origen animal.

Considerando lo antes mencionado, es importante la elaboración de alimentos balanceados que permitan generar mejor desarrollo de las especies que se cultivan. Por otra parte, subproductos de origen animal y vegetal que muchas veces son considerados desechos como las vísceras, huesos entre otros pueden ser utilizados en la elaboración de ensilados, harinas, aceites y más, a la vez que se disminuyen los costos de producción y se aseguran mayores ganancias durante la venta de los productos acuáticos cultivados. Aunado a todo lo anterior, se reduce la cantidad de desperdicios o residuos generados del aprovechamiento y manejo acuícola y agrícola principalmente, y con esto menor impacto ambiental. Por otra parte, se crean nuevas opciones de trabajo y fuentes de empleo regional generadas por el uso sustentable de las fuentes de proteína

utilizadas.

En el presente trabajo se identificaron insumos potenciales para elaborar alimentos balanceados para especies acuícolas con el fin del desarrollo de investigación para el aprovechamiento sustentable en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación y análisis de subproductos como insumos para alimentos

Se realizó un análisis de campo, por medio de entrevistas, para conocer los productos que se “producen/utilizan” (cultivan, comercializan, consumen) dentro del municipio de Tlatlauquitepec; se identificaron aquellos donde se podrían obtener subproductos de desecho que puedan ser utilizados como insumos para alimentos acuícolas. Se consideraron productos procedentes de otras actividades alimenticias como es: la agricultura, la ganadería y el comercio. Las actividades de las cuales se identificaron insumos para dietas acuícolas se dividieron en actividades: agrícolas, ganaderas y comerciales.

Elaboración de harinas y ensilados

Los análisis de laboratorio de realizaron en las instalaciones del ITSTL, que consistieron en la elaboración de harinas, elaboración de ensilado, análisis bromatológico y ensayos de palatabilidad. La elaboración de harinas de los insumos agrícolas se realizó a partir de cascarilla de haba seca y vaina seca de frijol, las cuales fueron puestas en estufa para disminuir el contenido de agua, se molieron en licuadora para posteriormente tamizarlos (1 mm) y almacenarlas.

La elaboración de las harinas de origen animal, se realizó a partir de los desechos de pescado adquiridos en los mercados locales. Todos los desechos, vísceras, aletas, branquias, cabezas, fueron lavados con agua corriente para posteriormente secarlos en estufa por al menos 72 h, a 55 °C.

Los ensilados químicos se realizaron en botes de plástico. Los desechos de pescado ya lavados con agua corriente, se molieron en licuadora, con el fin permitir un mejor contacto entre las partículas de pescado y el ácido. La pasta obtenida se homogenizó y fue dividida en tres porciones, a la primera (EAS) se le adicionó el 1 % (w/v) de ácido sulfúrico al 98%, a la segunda (EAC) el 2% de ácido clorhídrico al 98% y a la tercera (EASC) el 0.5% de ácido sulfúrico al 98 % y 0.5% de ácido clorhídrico al 98%. La mezcla obtenida (pasta de pescado y ácido) fue removida durante una hora, revisando el pH cada 15 minutos (con potenciómetro digital HANNA®). Posteriormente fue almacenada a temperatura ambiente por seis días (revisada diariamente para determinación de pH y evaluación organoléptica). Finalmente fue secada en horno a 70 °C por 48 h, molida y almacenada.

La caracterización de los insumos se realizó mediante un análisis proximal siguiendo las técnicas descritas por Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C., 1995); materia seca por desecación en estufa a 105 °C; proteína bruta (PB) por Kjeldhal utilizando el factor 6.25; extracto etéreo (EE) por el método de extracción de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente a 40-60°; y cenizas por incineración en mufla a 550 °C.

Elaboración de alimentos y pruebas

A partir de la obtención de insumos se elaboraron alimentos utilizando la harina de desechos de pescado (HDP), harina de cascarillas de haba (HCH) y la harina de ensilado de pescado (EAS, EAC, EASC). Se elaboraron artesanalmente cuatro alimentos experimentales: 1) HDP y HCH; 2) EAS y HCH; 3) EAC y HCH; y 4) EASC y HCH. En todos los casos se utilizó el 65% de la HCH, el 30% de la harina de pescado (en sus cuatro presentaciones) y el 5% de grenetina, como aglutinante. Para la elaboración del alimento, se mezclaron las harinas en seco hasta homogenizar, por separado se hidrató la grenetina con agua caliente para luego mezclar con las harinas hasta lograr una pasta homogénea. Finalmente la mezcla obtenida se peletizó para ser secado en estufa a 55 °C por 5 h.

Los alimentos obtenidos fueron tamizados y ofrecidos a ejemplares de camarones de río (*Cambarellus sp.*) y a individuos de *Betta splendens* con el fin de evaluar la aceptación del alimento, tomando como parámetro la cantidad de alimento consumido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación y análisis de sub productos como insumos para alimentos

Dentro de las actividades agrícolas identificadas de mayor impacto en la región fueron: el cultivo de haba, el cultivo papa, el cultivo de maíz, el cultivo de frijol, entre otros, los cuales se desarrollan prácticamente durante todo el año. El cultivo de haba se desarrolla en los meses de agosto a octubre y se obtiene una producción en la región de 20 t, en el cultivo de papa, de marzo a diciembre, se produce aproximadamente 200 t, el cultivo de maíz (de las cuales se cultivan cuatro variedades, azul, rojo, amarillo y blanco), supera fácilmente la producción de haba y papa. Y el cultivo de frijol, mayo a octubre, el cual produce aproximadamente 350 t (Motte-Zaragoza com. pers., 2013). Debido a estas altas cifras de producción se puede considerar a varios sub-productos como insumos, ya que su abastecimiento será constante. De estas actividades se identificaron subproductos que pueden ser utilizados como insumos en la fabricación de alimentos como: la cascarilla de frijol, la cascarilla o vaina del haba.

Las actividades ganaderas identificadas fueron la crianza de res, cerdo y pollo. Pero la mayor oportunidad de obtención de insumos es el rastro del municipio, en donde se identificó la sangre como un posible ingrediente.

La actividad con mayor potencialidad para obtención de insumos fue la comercial, ya que dentro del municipio y sus alrededores se ofertan y demandan diversos productos alimenticios. Dentro de los productos comercializados de los que podemos obtener insumos, de fuente de proteína animal, son: la compra-venta de pollo destazado, res, cerdo y productos acuícolas (pescados y mariscos), este último de vital importancia, ya que se ha demostrado la necesidad de incorporar una fuente proteica de origen marino o dulceacuícola, en los alimentos balanceados, debido al contenido de aminoácidos y ácidos grasos esenciales para el óptimo desarrollo de las especies cultivadas. Estos productos se ofertan en mercados locales, mercados populares (los cuales se establecen semanalmente) y comercios establecidos.

En la localidad de Tlatlauquitepec se identificaron 80 establecimientos dedicados exclusivamente a la venta de pollo, 40 a la venta de res y 150 establecimientos donde se ofertan

tanto pollo y cerdo. En estos establecimientos se identificaron como insumos: las cabezas, las vísceras y las plumas de pollo, huesos y vísceras de res y cerdo.

En el mercado popular de Tlatlauquitepec, el cual se establecen los días jueves de cada semana, ofertan en promedio seis comerciantes dedicados a la venta de pescados y mariscos. Estos comerciantes venden en promedio de 60 a 80 kg de producto, dependiendo de factores como: días de pago, condiciones climáticas, temporadas, entre otros. Cabe resaltar que en la temporada de “Semana Santa” pueden llevar a vender hasta nueve veces más el promedio antes mencionado. De esta actividad se identificaron como insumos las cabezas, aletas y vísceras de pescado. Se observó que en promedio los comerciantes desechan alrededor de 30 kg de pescado por semana por comerciante (lo que supone una obtención de 180 kg. por semana), superando esto en temporadas altas.

De manera similar a Tlatlauquitepec, los municipios aledaños producen igual o mayor cantidad de desechos de pescado en sus respectivos mercados semanales populares, cabe resaltar que los mercados aledaños se encuentran a una distancia menor a 10 km por lo esta fuente de materia prima es considerable.

Por lo que la potencialidad de la zona para desarrollar alimentos formulados es alta, debido a que se identificaron insumos (los cuales pueden ser abastecidos prácticamente todo el año) para fabricar estos alimentos, dentro de estos insumos se encuentran la cascarilla de haba. En estas harinas y ensilados, tanto de origen animal como vegetal, posiblemente podemos encontrar elementos nutricios (vitaminas, minerales, aminoácidos y ácidos grasos esenciales) indispensables y necesarios para la elaboración de un buen alimento acuícola.

Elaboración de harinas y ensilados

Para el caso de los insumos agrícolas, la humedad de la cascarilla de haba y vaina de frijol seca fue menor al 5 %, en ambos casos. Cabe mencionar que los insumos son adquiridos después de haber sido secados al sol, como parte de su proceso de obtención del frijol y haba respectivamente. En el caso de los desechos de pescado el rendimiento de la harina fue del 35% del peso húmedo.

Las características organolépticas de los ensilados fueron constantes durante los seis días para los tres ensilados (Cuadro 1). El pH del ensilado elaborado con ácido sulfúrico no fue mayor a 2.70, valor similar a lo citado por Vidotti *et al.* (2002); y el pH de los demás ensilados elaborados fue menor a 3.5. Estos valores son aceptados para la conservación de los residuos de pescado en base a Toledo-Pérez y Llanes-Iglesias (2006) para garantizar la buena calidad de los silos en este tipo de subproducto.

Para el caso del análisis bromatológico, el porcentaje de humedad para la harina de haba fue menor al 2% y la harina de pescado fue menor al 5%. Los análisis de proteína, lípidos y cenizas se encuentran en proceso.

Cuadro 1. Características organolépticas de los ensilados.

Ensilado de pesado	Características organolépticas			
	Olor	Color	Consistencia	pH
EAS	Ligeramente ácido	Pardo- Oscuro	Pastosa	2.15 - 2.70
EAC	Ácido	Pardo- Oscuro	Pastosa	2.67 - 3.30
EASC	Ligeramente ácido	Pardo- Oscuro	Pastosa	2.20 - 3.10

EAS = pasta con 1% (w/v) de ácido sulfúrico al 98%. EAC = 2% de ácido clorhídrico al 98%. EASC = 0.5% de ácido sulfúrico al 98 % y 0.5% de ácido clorhídrico al 98%.

Elaboración de alimentos y pruebas

La aceptación del alimento fue mayor para el caso de los camarones de río que para el caso de los peces. En el caso de *Cambarellus* sp. la mayor aceptación se presentó con el alimento a base de HDP, seguida de alimento formulado con EAS y menor para los alimentos a base de EAC y EASC al observarse mayor cantidad de alimento sin ingerir en el fondo de los recipientes; esto puede deberse a que el ensilado ácido alteró algunos parámetros de atractabilidad o palatabilidad del granulado.

De manera similar, Austreng y Asgord (1986) observaron en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) poca aceptación a las dietas a base de ensilados de pescado conservados con ácido sulfhídrico o ácido propiónico. Sin embargo, la mayoría de los ensayos realizados con ensilados han mostrado buenos resultado para diferentes especies de peces y crustáceos (Bautista *et al.*, 2003; Coelho-Emerenciano y Massamitu-Furuya, 2006; Cruz-Suárez *et al.*, 2007; González *et al.*, 2007; Toledo-Pérez *et al.*, 2009; Llanes *et al.*, 2010; Fraga-Castro y Ceballos-Barbarito, 2011).

CONCLUSIONES

En el municipio evaluado existe una fuente importante de insumos para la elaboración de alimentos acuícolas, siendo uno de los principales los desechos de pescado, ya que la inclusión de proteína animal, y en específico de proteína proveniente de organismos acuáticos, es prácticamente indispensable en la elaboración de alimentos por su contenido nutrimental. Así también, es importante la utilización de cascarilla de haba, vaina seca de frijol, desechos de pollo, res y cerdo. Los ensilajes químicos elaborados fueron aceptados satisfactoriamente, por tanto, pueden constituir una alternativa como fuente proteica en la elaboración de alimentos balanceados.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist. 16th Edition, Washington, D. C., 1018 p.
- Austreng E. y T. Asgord. 1986. Fish silage and its use. En: E. Grinialdi y H. Rosenthal (Eds.). Trend and problems in aquaculture development. Proc. 2nd Int. Conf. Aqua-farming

- Aquaculture'86, Verona, Italy. 120 p.
- Bautista-Teruel, M.N., P.S Eusebio, y T.P. Welsh. 2003. Utilization of feed pea, *Pisum sativum*, meal as a protein source in practical diets for juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 225: 121-131.
- Ceballos-Barbarito, J. y J. Galindo-López. 2006. Dietas prácticas para el cultivo de *Litopenaeus schmitti*: una revisión. Comportamiento post-destete en crías porcina tratadas Homeopáticamente. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 7(12):1-12.
- Civera, R., A. Galicia, H. Nolasco, E. Goytortúa, L.E. Cruz, D. Ricque, F. Moyano, D. Tovar, E. Palacios y A. Álvarez. 2010. Uso del cártamo (*Carthamus tinctorius*) como ingrediente en alimentos para juveniles del camarón *Litopenaeus vannamei*. En: Cruz-Suarez L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. Nieto-López, D. A. Villarreal-Cavazos, J. Gamboa-Delgado. (Eds), *Avances en nutrición acuícola X. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. pp. 393-466. ISBN 978-607-433-546-0.
- Coelho-Emerenciano, M.G. y W. Massamitu-Furuya. 2006. Ensilado de maíz en dietas para postlarva de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. *Invest. Mar. Valparaíso*. 34(2): 57-61.
- Cruz-Suárez, L. E., M. Nieto-López, C. Guajardo-Barbosa, M. Tapia-Salazar, U. Scholz and D. Ricque-Marie. 2007. Replacement of fish meal with poultry by product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture* 272: 466-476.
- Escobar-Briones L., M. A. Olvera-Novoa y C. Puerto-Castillo. 2006. Avances sobre la ecología microbiana del tracto digestivo de la tilapia y sus potenciales implicaciones. *Avances en nutrición acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. ISBN: 970-694-333-5.
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y acuicultura (SOFIA). Departamento de Pesca y Acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fraga-Castro, I.E. y J. Ceballos-Barbarito. 2011. Efecto de ensilados de pescado e hígado de tiburón en el crecimiento de *Litopenaeus schmitti*, en sustitución de la harina y el aceite de pescado. *Revista electrónica de Veterinaria* 12(11): 1-15.
- García-Ortega, A., D. Muy-Rangel, A. Puello-Cruz, Y. Villa-López, M. Escalante-Rojas y K. Preciado-Iñiguez. 2010. Uso de ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. En: Cruz-Suarez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.G. Nieto-López, D.A. Villarreal-Cavazos, J. Gamboa-Delgado (Eds.). *Avances en nutrición acuícola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*, pp. 321-340. ISBN 978-607-433-546-0.
- González, D., J. Córdoba, F. Indorf y E. Buitrago. 2007. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado. *Rev. Cien. Universidad del Zulia*. 17(2): 166-172.
- Llanes, J., A. Bórquez, J. Toledo y J.M. Lazo de la V. 2010. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Zootecnia Trop*. 28(4): 499-505.
- Molina-Poveda, C. and M.E. Morales. 2004. Use of a mixture of barley-based fermented grains and wheat gluten as an alternative protein source in practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research* 35: 1158-1165.
- Sudaryono, A., E. Tsvetnenko and L.H. Evans. 1996. Digestibility studies on fisheries by-product based diets for *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 143: 331-340.
- Toledo-Pérez, J., A. Botello-León y J. Llanes-Iglesias. 2009. Evaluación de tres ensilados

químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Rev. Cub. Invest. Pesq. 26(1):14-18.

Toledo-Pérez, J. y J. Llanes-Iglesias. 2006. Estudio comparativo de los desechos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. Revista AquaTIC 25:28-33.

Vidotti R.M., D.J. Carneiro and E.M. Macedo V. 2002. Acid and fermented silage characterization and determination of apparent digestibility coefficient of crude protein for Pacu *Piaractus mesopotamicus*. J. World Aquaculture Soc. 33:57-62.