

Índice

Editorial	5
Potencial natural de <i>Abies guatemalensis</i> Rehder., en la UMAFOR 07 Sierra, Chiapas	7
<i>Dorian de Jesús Pimienta de la Torre, Jorge Reyes Reyes, Saúl Posada Cruz, Alejandro Ley de Coss y Juan Alberto Rodríguez Morales</i>	
Asociación simbiótica de dos cepas de <i>Azospirillum</i> con cultivares de <i>Digitaria eriantha</i> : respuestas al estrés abiótico	19
<i>Romina Gisel Osses, Oscar Masciarelli, Andrea Mariela Quiroga, Oscar Antonio Terenti e Hilda Elizabeth Pedranzani</i>	
Efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	35
<i>Kolima Peña Calzada, Juan Carlos Rodríguez, Dilier Olivera, Nelson León Orellana y Yamilka Lugones</i>	
Reproducción de <i>Scomberomorus sierra</i> (Percoidei: Scombridae) en la costa central del Pacífico mexicano	47
<i>Elaine Espino-Barr, Manuel Gallardo-Cabello, Rubí Anadely Nava-Ortega, Marcos Puente-Gómez y Arturo García-Boa</i>	
Uso, producción y calidad nutricional del lactosuero en la región central de Chiapas	65
<i>César Octavio Vázquez Esnoval, René Pinto Ruiz, Rafael Rodríguez Hernández, Jesús Carmona de la Torre y Adrián Gómez de Jesús</i>	
Efecto de la complementación de grasa protegida en la producción y composición de leche de cabras en pastoreo	77
<i>Francisco Javier Pastor López, Luis Maconetzin Isidro Requejo, Jorge Alonso Maldonado Jaquez, Lorenzo Danilo Granados Rivera, Eleazar Miguel Trinidad y José Guadalupe Rodríguez Martínez</i>	
<i>Indicaciones para los autores</i>	87

Index

Editorial	5
Natural Potential of <i>Abies guatemalensis</i> Rehder, in the UMAFOR 07 Sierra, Chiapas	7
<i>Dorian de Jesús Pimienta de la Torre, Jorge Reyes Reyes, Saúl Posada Cruz, Alejandro Ley de Coss y Juan Alberto Rodríguez Morales</i>	
Symbiotic association of two strain of <i>Azospirillum</i> with cultivars of <i>Digitaria eriantha</i> Steudel: responses to abiotic stress	19
<i>Romina Gisel Osses, Oscar Masciarelli, Andrea Mariela Quiroga, Oscar Antonio Terenti e Hilda Elizabeth Pedranzani</i>	
Effect of a growth promoter in the production behavior of bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	35
<i>Kolima Peña Calzada, Juan Carlos Rodríguez, Dilier Olivera, Nelson León Orellana y Yamilka Lugones</i>	
Reproduction of <i>Scomberomorus sierra</i> (Percoidei: Scombridae) in the Central Mexican Pacific coast	47
<i>Elaine Espino-Barr, Manuel Gallardo-Cabello, Rubí Anadely Nava-Ortega, Marcos Puente-Gómez y Arturo García-Boa</i>	
Use, production and nutritional quality of whey milk in the central region of Chiapas	65
<i>César Octavio Vázquez Esnoval, René Pinto Ruiz, Rafael Rodríguez Hernández, Jesús Carmona de la Torre y Adrián Gómez de Jesús</i>	
Effect of protected fat complementation on production and composition of grazing goat	77
<i>Francisco Javier Pastor López, Luis Maconetzin Isidro Requejo, Jorge Alonso Maldonado Jaquez, Lorenzo Danilo Granados Rivera, Eleazar Miguel Trinidad y José Guadalupe Rodríguez Martínez</i>	
<i>Instructions for authors</i>	95

El trabajo editorial de *Avances en Investigación Agropecuaria* (Rev. AIA) durante 2016 significó un año aciago, puesto que la revista —a pesar de mantener un trabajo profesional y desinteresado en la difusión de la ciencia— fue afectada en su proceso de puntual edición; elemento que es altamente valorado en el contexto editorial. Ofrecemos una disculpa a todos nuestros colaboradores, quienes —esperamos— sabrán comprender lo arduo de esta labor y las implicaciones que ello conlleva.

Al igual que a una gran cantidad de revistas académicas a las que les sucede este mismo fenómeno, estuvimos valorando si las condiciones actuales permiten mantener este tipo de esfuerzo y compromiso, en donde el factor de impacto (FI) —promovido como un elemento medular del trabajo científico— restringe la posibilidad de la publicación; ya que implica que quienes no lo tengamos nos obligan a cuestionarnos lo siguiente:

¿No hacemos trabajo de calidad?

¿Nuestra propuesta no es profesional?

¿Los criterios de selección de artículos no son rigurosos?

Tales reflexiones no son gratuitas ni exageradas, pues nos enfrentamos, además de conseguir recursos económicos magros y un sinfín de avatares editoriales, a un verdadero desinterés de la comunidad académica nacional para fortalecer publicaciones como Rev. AIA.

En este sentido, el sistema que valora la ciencia en México induce a publicar en revistas con FI; o, en su defecto, que dichas publicaciones sean reconocidas por el Índice de Revistas del CONACYT. Lo que genera un sesgo intelectual de la comunidad académica e induce a una cierta conducta patológica, como brillantemente fue sustentado por Miguel A. Santos Rego y Luis Fernández-Ríos —de la Universidad de Compostela (España), en 2016, cuyo artículo fue publicado en la Revista *Innovación Educativa* 16 (72):35-51— bajo el *sui generis* título de “El factor de impacto y el futuro de las revistas académicas. El riesgo de patologización”; aunque los autores dejan entrever un riesgo, el escrito detalla con agudeza y conocimiento de causa, lo que sucede en nuestra vida académica universitaria (al menos en Iberoamérica).

Nuestra propuesta editorial continúa apegándose al principio de ética de la publicación, en la búsqueda de la verdad y promoción de la diversidad de pensamiento, como estrategia a quien plantea, de manera evidente o velada, el monopolio de la verdad a través de las publicaciones con factor de impacto.

Asimismo, nos apegamos a una ética que promueve espacios de construcción del conocimiento y, a la vez, de difusión; sumado todo ello a estrategias institucionales —como la de REDALyC y LATINDEX—, cuya función primordial es la de fomentar su disseminación.

De hecho, recientemente, REDALyC —a través de su propuesta de XML-JATS— ha creado esta estrategia que induce a una mayor visibilidad para aquellas revistas que tenemos la fortuna de estar indizadas en este proyecto académico sin fines de lucro y que, al igual que Rev. AIA, se desarrollan bajo la iniciativa de acceso abierto.

A pesar de los sinsabores que hemos tenido, justo es señalar que en este año, nuevamente DOAJ evaluó en forma positiva a Rev. AIA. Este tipo de incentivos son los que motivan a la comunidad académica que mantiene el proyecto de Rev. AIA.

En virtud de lo anterior, es importante informar a nuestros lectores y colaboradores en general, que continuamos en la búsqueda para que Rev. AIA sea un espacio idóneo para los trabajos científicos, que persistan, sin demérito de la calidad científica y sumando nuestro esfuerzo editorial a modelos alternativos para la construcción de una sociedad académica analítica y propositiva.

No obstante, tal como mencionan Santos Rego y Fernández-Ríos (2016), pareciera que en el corto plazo la institucionalización del factor de impacto influye “en la fabricación, producción y difusión del artículo científico como una mercancía y como un instrumento académico y social del conocimiento”.

Coincidimos, asimismo, en que un artículo científico se deriva de una investigación original, evaluado por pares y que se adapta a estándares de estilo y calidad para su publicación; en donde la ética del documento debe estar de manifiesto para que la revista permita su difusión.

Para concluir este mensaje, vale decir que diferentes comunidades del medio están enfatizando el lado pernicioso del factor de impacto; de tal suerte que nuestra expectativa a futuro es que existan ajustes cruciales en pro de las revistas académicas. Es decir: que el FI no sea una condicionante para que se difunda la ciencia de calidad; pues, hasta el momento, se ha convertido en un elemento que no sólo no favorece la difusión científica, sino en un factor discriminatorio y selectivo que afecta —de manera generalizada— a las revistas iberoamericanas.

José Manuel Palma García
Director de Rev. AIA

Potencial natural de *Abies guatemalensis* Rehder., en la UMAFOR 07 Sierra, Chiapas

Natural potential of *Abies guatemalensis* Rehder.,
in the UMAFOR 07 Sierra, Chiapas

**Dorian de Jesús Pimienta de la Torre, Jorge Reyes Reyes,*
Saúl Posada Cruz, Alejandro Ley de Coss
y Juan Alberto Rodríguez Morales**

Universidad Autónoma de Chiapas
Facultad de Ciencias Agrícolas
Entronque Carretera Costera y Pueblo de Huehuetán
Chiapas (México).

*Correspondencia: jorge.reyes@unach.mx

Resumen

El presente estudio se fundamentó en determinar el potencial natural de *Abies guatemalensis* Redher (Pinabete) en la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) 07 Sierra del estado de Chiapas, para identificar los sitios óptimos para su establecimiento; se emplearon los sistemas de información geográfica (SIG), como herramienta tecnológica, para modelar las variables que determinan la distribución de la especie. Para ello, se utilizó la información recabada en campo, como: altitud, exposición, pendiente, coordenadas; además de cartas temáticas de tipos suelo, vegetación, clima, precipitación y un modelo digital de elevación, con el cual se generaron coberturas de pendiente, exposición y altitud. Las variables que arrojaron los mejores resultados fueron: la altitud, el clima templado húmedo, precipitación anual mayor de 2,000 mm. La vegetación corresponde a coníferas y coníferas-latifoliadas con una pendiente de 25 a 50%, respectivamente. Esto, debido a que la productividad de los bosques está ligada a

Abstract

The present study was based on determining the natural potential of *Abies guatemalensis* Redher (Guatemalan fir) in the Forest Management Unit (UMAFOR) 07 Sierra of the state of Chiapas, to identify the optimal sites for its establishment. Geographic information systems (GIS) were used as a technological tool to model the variables that determine the distribution of the species. The information collected in the field was: altitude, exposure, slope, coordinates, as well as thematic maps of soil, vegetation, climate, precipitation and a digital elevation model, with which slope, exposure and altitude cover were generated. The variables that showed the best results were: altitude, humid temperate climate and annual precipitation greater than 2,000 mm. The vegetation corresponds to coniferous and coniferous-broadleaf trees with a slope of 25 to 50%, respectively. This is due to the fact that the productivity of the forests is linked to the ecological attributes of the territory. In this context, the study showed

atributos ecológicos del territorio. Bajo este contexto, el estudio arrojó una superficie de 15,380.71 hectáreas con potencial para establecer *A. guatemalensis* Redher., en cinco municipios de la UMAFOR 07 Sierra. Con el empleo de los SIG se obtuvieron resultados confiables para establecer reforestaciones o plantaciones para la recuperación o conservación del pinabete.

Palabras clave

Modelación, distribución, restauración, bosques, protección.

an area of 15,380.71 hectares with the potential to establish *A. guatemalensis* Redher., in five municipalities of UMAFOR 07 Sierra. With the use of GIS technology, the results were reliable enough to establish reforestations or plantations for the recovery or conservation of the pine.

Keywords

Modeling, distribution, restoration, forests and protection.

Introducción

México, por su localización geográfica y sus características fisiográficas, cuenta con una amplia diversidad de especies vegetales (Ruiz, 2013). En nuestro país, el género *Abies* (Oyameles, Pinaceae) está representado por ocho especies, seis de las cuales son endémicas y con una distribución disyuntiva (Jaramillo y Martínez, 2014). Las especies que conforman los tipos de vegetación, en las diferentes condiciones ambientales, ocupan lugares particulares.

La sobreposición de dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical), su clima, orografía y provincias geológicas resultan en una gran variedad de ecosistemas y microclimas y un número elevado de endemismos (Villalobos y Mendoza, 2010). Las poblaciones de *Abies guatemalensis* Redher, habitan en climas templados húmedos y es una especie endémica que se distribuye en zonas de mayor altitud, con rangos de 2,400-3,400 msnm (Reynoso, 2008).

Se encuentra dentro del grupo de especies biológicas que actualmente tienen una distribución restringida y con características de relictos (Ruiz, 2013). No obstante, como consecuencia directa del mal manejo que se les ha dado y de la tala clandestina, *A. guatemalensis* se encuentra en la categoría de “Peligro de Extinción” en la NOM-59-SEMARNAT-2010 y en la “Lista Roja” de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

Los potenciales naturales del territorio están determinados por el relieve, el clima y el suelo (Martínez y Pinedo, 2005). Es por ello la importancia de conocer la distribución espacial y determinar las condiciones ecológicas que imperan; para, posteriormente, establecer modelos con la herramienta tecnológica de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y determinar las áreas con potencial para el establecimiento de *A. guatemalensis*.

En el campo del manejo de los recursos naturales es cada día más usual la implementación de los SIG, con el fin de tener a disposición la información necesaria para la toma de decisiones (Treviño, 1999); ya que es una herramienta que se puede utilizar para

realizar trabajos de muy variada naturaleza, y en las ciencias forestales, su uso debería ser más intensivo (Colín, 2000).

Asimismo, los Modelos Digitales de Elevación (MDE), representan una herramienta esencial para el análisis territorial, ya que incorporan atributos de relieve en el proceso de identificación del potencial productivo (Muñoz, 2001).

Este estudio tomó como base la complejidad del relieve e integra atributos de suelo, clima, precipitación y vegetación, para ser clasificado y delimitar las superficies con potenciales óptimos para el establecimiento de la especie. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el potencial natural de *A. guatemalensis* a través de la distribución espacial de la especie en la UMAFOR 07 Sierra del estado de Chiapas.

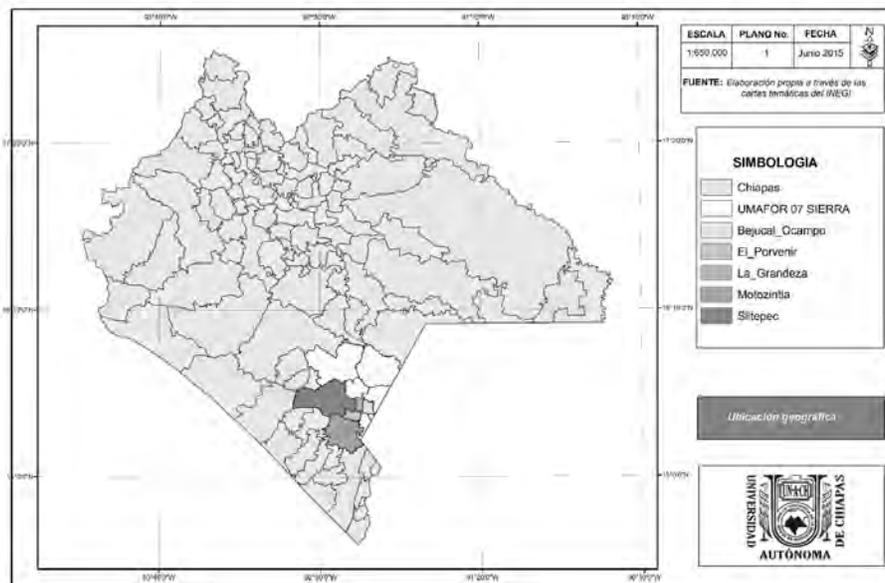
Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Sierra Mariscal dentro de los límites de la UMAFOR 07 Sierra, en ecosistemas de bosques de coníferas. La UMAFOR se encuentra en el sur-oriente del estado de Chiapas, ocupando una superficie de 401,591.61 hectáreas distribuidas en diez municipios de la entidad; y que representa el 07% de la superficie total estatal.

Geográficamente, se localiza entre los meridianos 15°10' 00" y 15° 57' 00" de latitud Norte y 91°53' 20" y 92°39' 05" de longitud Oeste; comprende casi en su totalidad el sistema montañoso de la Sierra Madre Occidental.

Sus colindancias: al norte, limita con el municipio de Socoltenango; al noreste, con el municipio de La Trinitaria; al noroeste, con el municipio de La Concordia; al oeste, con los municipios de Ángel Albino Corzo y Mapastepec; al suroeste, con los municipios de Escuintla, Villa Comatitlán y Huixtla; al sur, limita con los municipios de Tapachula y Tuzantán; y al este, en su totalidad, con la República de Guatemala (figura 1).

Figura 1
Ubicación geográfica de la UMAFOR 07 SIERRA, Chiapas, México.



Como primera etapa, se entrevistaron los socios de la Asociación Regional de Silvicultores “Sierra Motozintla”, A. C., para ubicar los ejidos y municipios donde se distribuye *A. guatemalensis*; y de acuerdo a este dato, se iniciaron recorridos de campo para ubicar y geo-referenciar las áreas donde se distribuye naturalmente; para ello, se empleó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y clinómetro para estimar la pendiente.

Se recabaron en cada sitio los siguientes datos: número de árboles por parcelas o poblaciones (ya que la especie es muy escasa), coordenadas geográficas, exposición, altitud, así como las especies asociadas.

Los materiales utilizados para la elaboración del trabajo de investigación fueron: las cartas temáticas de clima, suelo, precipitación y uso del suelo y vegetación escala 1:250,000 del INEGI, y la generada en el Estudio Regional Forestal de la UMAFOR; igualmente, se empleó el Modelo Digital de Elevación escala 1:50, 000 del INEGI, GPS marca Garmin®, clinómetro electrónico Haglöf® y brújula Sunnto®.

En gabinete, se procedió a capturar los atributos antes mencionados en tablas de *Excel* (cuadro 1); para, posteriormente, proyectarlos a la vista del Sistema de Información Geográfica Arc Gis 9.3^{MR} y sobreponerlos a la capa de uso del suelo y vegetación para previo análisis; también, se realizaron cortes de las demás coberturas y sobrepusieron al SIG, para realizar el análisis de los requerimientos ecológicos de la especie. Una vez obtenido este proceso, se analizó la información bibliográfica sobre los requerimientos de la especie.

Cuadro 1
 Datos recabados en campo por municipio.

Municipio	Ejido	Sitios	No. árboles	Coordenadas UTM		Exposición	Altitud m	Pendiente %
				x	y			
El Porvenir	El Rodeo	3	12	579385	1710617	NE	2,841	15
El Porvenir	El Rodeo	1	2	578405	1711076	SE Y SW	2,894	20
El Porvenir	Cambil	1	8	574529	1708336	NE Y SE	2,913	50
El Porvenir	El Malé	2	4	579086	1708172	NW	2,997	55
El Porvenir	Parque Ecológico	2	6	577325	1709813	NW	2,996	45
El Porvenir	Parque Ecológico	1	7	576933	1709779	NW	2,885	35
El Porvenir	El Malé	1	7	577852	1708005	SW	2,905	35
El Porvenir	El Rodeo	2	5	577512	1710115	SW	2,961	35
Bellavista	Independencia	1	15	575948	1720605	NE	2,539	40
La Grandeza	Barrio Casbil	1	3	583487	1711512	NE	2,435	40
Bejucal de Ocampo	Llano Grande	2	1	584346	1709604	SE	2,591	35
Bejucal de Ocampo	Banderas	1	4	583885	1710075	NW	2,496	40
Bejucal de Ocampo	Altamirano	1	4	586920	1710598	NW	2,656	40
Bejucal de Ocampo	Llano Grande	1	3	584472	1709585	SE	2,673	45
Bejucal de Ocampo	Banderas	2	1	584007	1710982	NW	2,486	50
Bejucal de Ocampo	Las Tablas	1	5	585987	1709744	SE	2,609	50
Siltepec	Vega del Rosario	7	8	573152	1708527	SE	2,941	20
Siltepec	Palmar Grande	1	2	580124	1713916	NE	2,561	25
Siltepec	Vega del Rosario	6	12	573029	1708599	SE	2,938	25
Siltepec	Vega del Rosario	8	13	573194	1708574	SE	2,945	25

Continúa en la página 12

Viene de la página 11

Municipio	Ejido	Sitios	No. árboles	Coordenadas UTM		Exposición	Altitud m	Pendiente %
				x	y			
Siltepec	Vega del Rosario	1	1	571893	1707046	NE	2,816	65
Siltepec	Vega del Rosario	3	13	572760	1707695	SE	2,963	65
Siltepec	La Cascada	1	5	570895	1649540	SE	2,664	75
Siltepec	Mozotal	1	3	570924	1705898	NW	2,947	75
Siltepec	Vega del Rosario	2	3	572401	1707373	NW	2,887	50
Siltepec	Vega del Rosario	4	3	572817	1707959	SE	2,997	45
Motozintla	Benito Juárez	1	3	570895	1689540	NW	2,043	70
Motozintla	Ignacio Zaragoza	3	2	581449	1684329	NE	2,624	70
Motozintla	Niquivil	1	25	583940	1686997	NW	2,684	55
Motozintla	P.P. Volver	1	2	580560	1684380	SE	2,462	60
Motozintla	P.P. Volver	3	1	581577	1684253	NW	2,682	50
Motozintla	Ignacio Zaragoza	2	2	581989	1684563	SW	2,706	40
Motozintla	Niquivil	3	3	583143	1686290	SE	2,665	45
Motozintla	Niquivil	2	5	582958	1685872	NW	2,639	40
Motozintla	P.P. Volver	2	1	579962	1684629	NE	2,434	30
Motozintla	Ignacio Zaragoza	1	3	582515	1684799	NE	2,722	30

Una vez obtenido este proceso, se analizó la información bibliográfica sobre los requerimientos de *A. guatemalensis*; donde, según Martínez (2012) y Reynoso (2008), se distribuye entre los 2,700 y 3,600 msnm. Por tratarse de bosques que se mantienen en condiciones de clima templado, se ha determinado que los rangos óptimos para el desarrollo de la especie están entre los -4°C hasta 27°C (González, 2005). Requiere una precipitación pluvial anual de 1,500 a 3,000 mm, con época notoria de lluvia de abril a octubre, y el resto del año con lluvias aisladas (Ortiz, 2003).

Proyectadas la cobertura de distribución espacial de la especie y sobrepuesta con las coberturas de suelo, clima, precipitación y vegetación, se obtuvieron las variables y rangos de distribución natural de *A. guatemalensis*; las cuales se emplearon para realizar la intersección geométrica.

El siguiente paso fue elaborar las coberturas de altitud, pendiente y exposición, empleando el MDE escala 1:50,000 del INEGI. Se utilizó la extensión 3D *Analyst* para

generar a través de *Surface analysis*; y, posteriormente, reclasificarlas con *Reclassify*, y transformados de *raster* a polígonos para generar una cobertura vectorial.

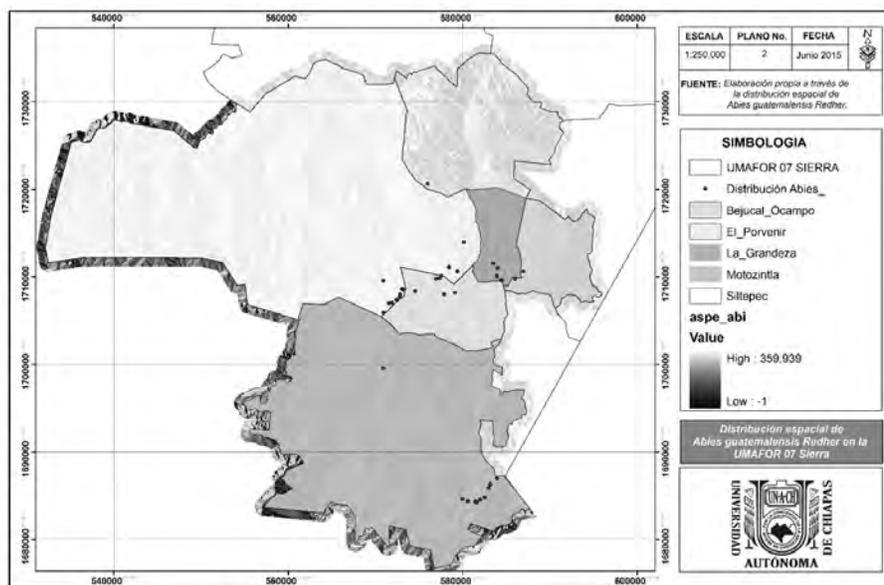
Una vez generadas las coberturas de altitud, pendiente y exposición, así como los cortes de las cartas temáticas, se procedió a unir las capas en *Arc Map 9.3^{MIR}* empleando la extensión *Arc toolbox-Analysis tolos-Overlay-Identity*; el cual calcula una intersección geométrica de las entidades de entrada y rasgos de identidad; posteriormente, se seleccionaron por atributos con la herramienta *Selection-Select By Attributes*, dándole los rangos óptimos (descritos en el cuadro 2), para obtener cada requerimiento donde se distribuye de manera natural *A. guatemalensis*, y obtener el mejor potencial para la especie.

El proceso para determinar el potencial natural —empleando información geográfica— consistió en seleccionar los mapas de cartografía digital y los valores de cada factor (requerimientos ecológicos), para generar un nuevo mapa con información de variables ambientales de interés para el establecimiento de *A. guatemalensis*. A continuación, se realizó la sobreposición de las nuevas coberturas para obtener las áreas potenciales de interés (Ozuna, 2001).

Resultados

La distribución espacial de *A. guatemalensis* se determinó en seis municipios de la UMA-FOR 07 Sierra (figura 2); donde la mayor altitud para la especie fue de 2,997 m en el ejido Vega del Rosario, municipio de Siltepec, con un total de 62 árboles observados y la menor altitud fue de 2,043 m en el ejido Benito Juárez, municipio de Motozintla. Sin embargo, el número de árboles encontrados fue de tres ejemplares; con relación a la pendiente, la mayor corresponde al 75% y la menor en 15%, respectivamente (cuadro 1).

Figura 2
Distribución espacial de *A. guatemalensis*.



La información de los requerimientos ecológicos de *A. guatemalensis*, fue pieza clave para modelar y determinar el potencial natural. Una vez generada la distribución espacial, se obtuvieron los valores promedios de las variables; los cuales se emplearon para realizar la intersección geométrica para obtener la cobertura final (cuadro 2).

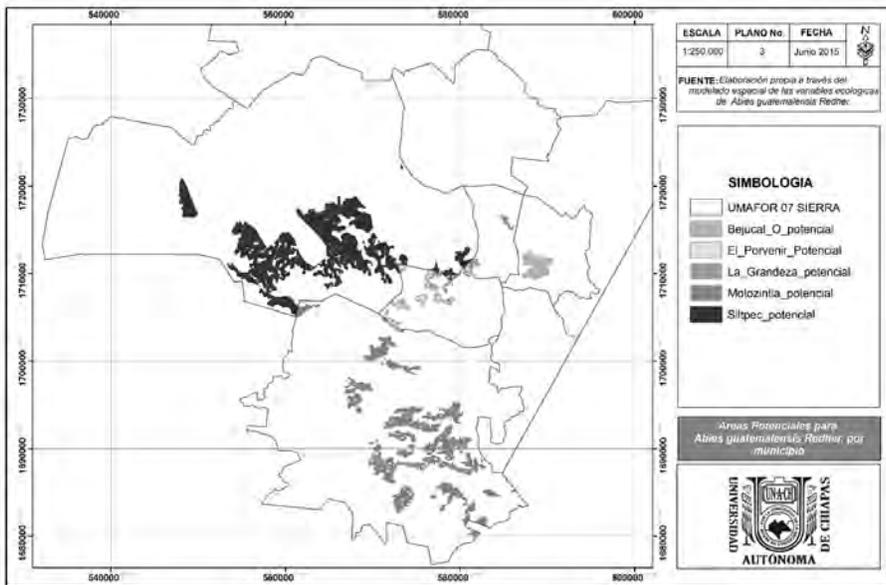
Cuadro 2
Requerimientos ecológicos
de *Abies guatemalensis* Rehder en la UMAFOR 07 Sierra.

Variable	Valor
Altitud	> 2,400 msnm
Suelo	Acrisol húmico y Andosol húmico
Clima	C(m)(w) Templado húmedo
Precipitación	2,000 a 2,500 mm
Vegetación	Coníferas, coníferas y latifoliadas
Pendiente	25.1 - 50%
Exposición	Varias

La variable clave del modelo fue la altitud que juega un papel importante en la distribución de *A. guatemalensis*. Asimismo, en la figura 3, se muestra el potencial natural para cada municipio dentro de la UMAFOR 07 Sierra; donde se obtuvieron las áreas prio-

ritarias para la recuperación de *Abies guatemalensis* Redher., por un total de 15,380.71 hectáreas. Esta superficie refleja solamente áreas potenciales que requerirán intervención, con la finalidad de proteger y recuperar la especie. Se observa que los municipios de Siltepec y Motozintla cuentan con mayor superficie territorial para el establecimiento de *A. guatemalensis* (cuadro 3).

Figura 3
Áreas potenciales para *A. guatemalensis*.



Cuadro 3
Potencial para *A. guatemalensis* Rehder.

Municipios	Superficie (has)
Motozintla	5,647.56
El Porvenir	749.96
La Grandeza	137.36
Bejucal de Ocampo	679.30
Siltepec	8,166.53
Total	15,380.71

La asociación de especies con *A. guatemalensis* Rehder. en la UMAFOR 07 Sierra son: *Pinus ayacahuite*, *Cupressus sp.*, *Pinus chiapensis*, *Pinus teocote*, *Alnus acuminata*, *Alnus filmifoli*, *Fraxinus udhei*, *Quercus sp.*; estos relictos de vegetación son de gran importancia ecológica en la región.

Discusión

A. guatemalensis es una especie que se establece en poblaciones aisladas en las montañas aledañas al litoral del Océano Pacífico, desde Jalisco (México) hasta Guatemala, entre los 2,700 y 3,600 msnm (Martínez, 2012; Reynoso, 2008). Sin embargo, en la UMAFOR se encontraron ejemplares a los 2,043 msnm, siendo ésta la parte más baja donde se distribuye la especie. Esto, debido a que los bosques están ligados a atributos ecológicos del territorio —tales como relieve, suelo y clima—; los cuales influyen en el crecimiento de las especies forestales (Madrigal y Ramírez, 2002). Además, las relaciones existentes entre las diversas comunidades vegetales y el medio físico condicionan la distribución potencial de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000).

Cabe señalar que las siete variables se ejecutaron; sin embargo, las que arrojaron los mejores resultados fueron las cinco antes mencionadas. Por otra parte, con relación a la exposición, la especie se encontró en casi toda el área de estudio, por lo cual no se modeló, ya que no es tan drástico como en la parte norte de México, en el que se ve la diferencia de una exposición a otra.

Asimismo, el tipo de suelo donde se distribuye *A. guatemalensis*, los rangos son amplios (el 24% de la superficie en la UMAFOR corresponde a Acrisol húmico), por lo que arrojaron mayores superficies, pero sin las características principales para la distribución de *A. guatemalensis*.

La especie de *Abies guatemalensis* es un espécimen de difícil reproducción, regeneración natural y con poblaciones muy restringidas. Con los resultados se tiene una herramienta de gestión para poder conservar y restaurar las poblaciones en la UMAFOR, ya que se proponen las áreas con las mismas condiciones ecológicas donde se distribuyen las poblaciones naturales. Además, en las superficies determinadas para cada municipio se podrán establecer reforestaciones con fines de restauración para incrementar las poblaciones de *A. guatemalensis*; y en el segundo caso, plantaciones forestales comerciales con el objetivo de aprovechar árboles de navidad.

La determinación del potencial natural sirve como una herramienta idónea para la planeación y toma de decisiones en los sistemas de producción, en función de las ventajas productivas de cada especie.

Conclusiones

El potencial natural de un territorio está determinado por los factores fisiográficos, climáticos y edafológicos; de tal forma que el análisis de estos factores para el desarrollo de las especies vegetales permitió determinar el potencial natural de *Abies guatemalensis* Rehder en la UMAFOR 07 Sierra, con un total de 15,380.71 ha; sobresalen los municipios de Siltepec y Motozintla.

La determinación del potencial natural sirve como una herramienta idónea para la planeación y toma de decisiones en los sistemas de producción, en función de las ventajas productivas de cada especie.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al apoyo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a través de la gestión de la Asociación Regional de Silvicultores “Sierra Motozintla”, A. C.

Literatura citada

- Colín, O. S. (2000). *Identificación de factores ambientales que determinan la distribución del Pinus durangensis Mtz. en la región Tarahumara de Chihuahua, utilizando un sistema de información geográfica*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- González, C. G. A. (2005). *Estudio del comportamiento de la regeneración natural de pinabete Abies guatemalensis Rehder y propuesta silvicultural para la restauración de su ecosistema, en el bosque comunal de San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán*. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Guisan, A. y Zimmermann, E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Jaramillo, C. J. P. y Martínez, M. N. (2014). *Modelación de la distribución geográfica de las especies del género Abies presentes en México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. JM015. México, D. F.
- Madrigal, H. S. y Ramírez, M. H. (2002). Comparación de nueve modelos empíricos para la determinación del índice de sitio en Michoacán. *Revista de Ciencia Forestal Mexicana* 78 (20): 35-57.
- Martínez, A. J. V. (2012). Plantas asociadas a los bosques de *Abies guatemalensis* (Pinacea) del occidente de Guatemala. *Rev. Biol. Trop.* 61 (1): 321-333.
- Martínez, S. M. y Pinedo A. A. (2005). *Determinación del potencial productivo de bosques templados en la región sur del estado de Chihuahua*. VII Congreso mexicano de recursos forestales. 26-28 de octubre de 2005. Chihuahua, Chihuahua. 609 pp.
- Muñoz, C. A. (2001). *Elaboración de un modelo espacial de peligro de incendios forestales*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Ortiz, B. P. C. (2003). *Efecto del ácido giberélico, el ácido clorhídrico y la estratificación, sobre la germinación de semillas de pinabete (Abies guatemalensis Rehder)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Ozuna, L. E. (2001). *Potencialidades y manejo del neem (Azadirachta indica A. Juss)*. Memoria técnica No. 1. INIFAP. México. Pp. 68-77.
- Reynoso, D. J. H. (2008). *Bosque natural, producción comercial y control de la plaga del pulgón Mindarus guatemalensis en Abies guatemalensis Rehder, en el altiplano occidental de Guatemala*. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Ruiz, P. A. (2013). *Análisis de semillas, evaluación de la germinación y determinación de la calidad de planta de Abies guatemalensis Rehder., en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. México*. Tesis de Maestría. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.
- Treviño, G. E. J. (1999). Estratificación de la información en el procesamiento digital de imágenes de satélite aplicado a la cartografía de los bosques de Pinus cembroides. Investigaciones Geográficas. *Boletín del Instituto de Geografía*. UNAM. 44: 54-63.
- Villalobos, Z. G. J. y Mendoza V. J. (2010). *La biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 pp.

Recepción: 5 de julio de 2016

Envío arbitraje: 15 de agosto de 2016

Dictamen: 20 de diciembre de 2016

Aceptación: 6 de marzo de 2016



Título: *Abies*
Autor: Marisol Herrera
Técnica: Tinta china morada sobre papel
Dimensiones: 28x22 cm

Asociación simbiótica de dos cepas de *Azospirillum* con cultivares de *Digitaria eriantha*: respuestas al estrés abiótico

Symbiotic association of two strain of *Azospirillum* with cultivars of *Digitaria eriantha* Steudel: responses to abiotic stress

**Romina Gisel Osses,¹ Oscar Masciarelli,²
Andrea Mariela Quiroga,¹ Oscar Antonio Terenti¹
e Hilda Elizabeth Pedranzani^{3*}**

¹Laboratorio de Fisiología Vegetal, Departamento de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis
Autopista de las Serranías Puntanas No. 55 (5730). Villa Mercedes, San Luis, Argentina.

²Laboratorio de Fisiología Vegetal. Departamento de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de Río Cuarto
RN 36 Km 601 (5800). Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

³Facultad de Química Bioquímica y Farmacia
Laboratorio de Fisiología Vegetal, Departamento de Bioquímica y Ciencias Biológicas.
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes No. 950 (5700). San Luis, Argentina

*Correspondencia: hepedra@unsl.edu.ar

Resumen

Digitaria eriantha Steudel es una especie forrajera adaptada a áreas de pastoreo, pero con sensibilidad a bajas temperaturas, estrés hídrico y salinidad. Las poblaciones bacterianas promotoras de crecimiento vegetal PGPR (*Plantgrowth-promotingrhizobacteria*) poseen la capacidad de colonizar el sistema radicular de plantas y mitigar los estreses. El objetivo del presente trabajo es estudiar el comportamiento de dos cultivares de *D. eriantha* cv. Sudafricana y Mejorada INTA, en simbiosis con *A. brasilense* cepa Az39 y *A. brasilense* cepa ipdC y su comportamiento frente a diferentes estreses abióticos. Se sembraron semillas inoculadas y sin inocular en maceta y se colocaron en cámara 23:21°C (día: noche) con un fotoperiodo

Abstract

Digitaria eriantha Steudel is a forage species adapted to grazing areas but sensitive to low temperatures, water stress and salinity. The promoter's bacterial populations of plant growth PGPR (*Plant growth-promoting rhizobacteria*) have the ability to colonize the root system of plants and mitigate stresses. The aim of this work is to study the behavior of two cultivars of *D. eriantha* cv. Sudafricana and Mejorada INTA, in symbiosis with *Azospirillum brasilense*, strain Az39 and ipdC- (hyper production and low production of auxins, respectively) and their behavior in different abiotic stresses. Inoculated and uninoculated seeds were planted in pots and placed in chamber C 23:21 (day: night) with a photoperiod 16: 8 (day: night) with a

16:8 (día:noche) con una densidad de flujo de fotones de $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Cuando las plantas tuvieron diez cm de alto, se sometieron a los diferentes tipos de estrés (frío, sequía y salinidad). Finalizados los tratamientos de estrés, se midieron parámetros de crecimiento, tales como longitud de hojas y raíces; como parámetro de biomasa se midió peso fresco y peso seco radicular y foliar. Los dos cultivares de *D. eriantha* hicieron simbiosis con ambas bacterias, y la mejor combinación se obtuvo con la cepa hipoproductora *A. brasilense* cepa *ipdC* con el cv. Mejorada INTA, donde se vieron incrementados todos los parámetros medidos, expresando esta simbiosis la habilidad de mitigar todos los estreses.

Palabras clave

PGPR, crecimiento, biomasa, mitigación del estrés, simbiosis.

photon flux density of $300 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. When the plants were ten cm high they were subjected to different types of stress (cold, drought and salinity). Finalized stress treatments, growth parameters were measured such as length of leaf and root; from biomass parameters we measured: fresh and dry weight from root and leaf. The two cultivars of *D. eriantha*, made symbiosis with both bacteria and the best combination was obtained with the strain *A. brasilense* strain *ipdC* with cv. Mejorada INTA, in which all measured parameters were increased expressing in this symbiosis the ability to mitigate all types of stresses that were studied.

Keywords

PGPR, growth, biomass, alleviation of stress, symbiosis.

Introducción

La región semiárida central argentina se caracteriza por su clima continental seco con precipitaciones primavero-estivales y otoños e inviernos secos (Giulietti *et al.*, 2003). La principal actividad productiva en las áreas de secano es la cría y recría de bovinos, sobre recursos forrajeros naturales y unas pocas pasturas cultivadas; por lo que se han introducido gramíneas subtropicales estivales —como *Digitaria eriantha* Steudel— que se han implantado en suelos argentinos, aunque su sensibilidad a bajas temperaturas, estrés hídrico y salinidad aún son objeto de estudio (Veneciano *et al.*, 2002).

En Argentina, el cultivar más difundido de *Digitaria* es Irene (cv. Sudafricana) de origen sudafricano, público; el cual presenta dificultades para el establecimiento y la producción de semilla. En Australia, se han desarrollado otros cultivares con el objetivo de mejorar la calidad de la semilla, la homogeneidad de la forma de crecimiento, la floración temprana y una mejor relación hoja:tallo. En San Luis, se obtuvo el cv. Avanzada INTA, que tiene mejor adaptación a las condiciones edafo-climáticas de la región semiárida; aunque aún no se encuentra disponible comercialmente (Rimieri, 1997).

En la EEA-INTA Villa Mercedes se realizó el mejoramiento de esta especie, a partir de plantas del cv. Irene, que soportó las heladas de septiembre-octubre. A partir de esa subpoblación se produjeron semillas sintéticas, denominadas “Mejorada INTA”.

Estudios previos determinaron que el cv. Mejorada INTA disminuye el porcentaje y la velocidad de germinación, cuando se lo somete a bajas temperaturas (10°C) durante 7, 15 y 30 días de tratamiento (Quiroga, 2003). La metilación de los residuos de citocina

en el ADN genómico de plantas sometidas a bajas temperaturas mostró una variación en el cv. Mejorada INTA, y el cv. Sudafricana se mantuvo sin cambios; lo cual sugiere que los mecanismos de control que permite desreprimir genes que expresan proteínas de defensa asociadas al frío o la desecación están activados en el cv. Mejorada INTA (Quiroga *et al.*, 2004).

Terenti (2004) definió que las temperaturas óptimas para la germinación de esta especie es de 25 a 30°C y Digiambatista *et al.* (2010) determinaron que el estrés hídrico (-1,5 MPa), en combinación con las altas temperaturas (35°C), promueven descensos en el porcentaje de germinación.

Giulietti *et al.* (2007) determinaron que los lombricompuestos pecuarios en proporciones entre 40 a 100% mejoraron la germinación, producción, crecimiento y biomasa de las plantas de *Digitaria eriantha* cvs. Sudafricana y Mejorada INTA.

Pedranzani *et al.* (2005) indagaron sobre el efecto bajas temperaturas (4°C) durante 48 hs, 96 hs y 3 semanas en plántulas de *Digitaria eriantha* cv. Mejorada INTA; y observaron que la producción de materia seca aérea decreció significativamente a partir de la segunda semana de exposición; mientras que en raíces lo hizo a partir de la tercer semana, demostrando que el frío afecta la actividad fotosintética en esta especie y la producción de biomasa.

Garbero *et al.* (2011) expusieron que la tolerancia al frío en cv. Mejorada INTA está asociada al incremento de ácido abscísico y disminución de Jasmonatos, mayor estabilidad en las membranas, actividad de superóxidodismutasa y concentración de Glutación.

Además, Garbero *et al.* (2012), demostraron que, asociado a la tolerancia al frío, el cv. Mejorada INTA presenta estabilidad en los niveles de clorofilas y de citoquininas y un importante aumento de la auxina, ácido indol-3-acético (AIA).

Las poblaciones bacterianas promotoras de crecimiento vegetal PGPR (*Plantgrowth-promotingrhizobacteria*) poseen la capacidad de colonizar el sistema radicular de las plantas o su entorno más cercano. Dentro de las PGPR más referenciadas está *Azospirillum* (α -subclase de las proteobacterias) (Cassán *et al.*, 2009; Bashan *et al.*, 2012). Ésta, es una bacteria Gram negativa, de vida libre, fijadora de nitrógeno y asociada a la rizósfera de las plantas.

En nuestro país, la práctica de inoculación con *Azospirillum brasilense* cepa Az39 se ha extendido desde el cultivo de maíz (Fulchieri y Frioni, 1994), trigo (Thuar *et al.*, 2005) a otras especies vegetales, como gramíneas forrajeras (Vella *et al.*, 2005), entre otras.

En esta investigación se usaron dos cepas de la bacteria *Azospirillum brasilense* con el fin de estudiar el comportamiento de los dos cultivares de *D. eriantha* en simbiosis con *A. brasilense* cepa Az39 y *A. brasilense* cepa *ipdC*. La cepa *ipdC* es una cepa hipoprodutora de ácido indol acético; por lo cual, se espera menos inducción de crecimiento, pero aún no hay literatura especializada publicada que describa sus efectos reales.

Materiales y métodos

1. Material biológico y condiciones de crecimiento del cultivo

Semillas de *Digitaria eriantha* cv. Mejorada INTA y *D. eriantha* cv. Sudafricana se sembraron sobre un soporte constituido por una mezcla de suelo y perlita (2:1, v/v) en maceta de 300 cc, a razón de 5 g de semillas en cada uno, por cuadruplicado.

Las macetas se colocaron en cámara de crecimiento a 23:21°C (día:noche) con un fotoperiodo 16:8 (día:noche) con una densidad de flujo de fotones de 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y se dividieron en cuatro grupos:

1. 23°C y soporte a capacidad de campo con agua destilada (control).
2. 4°C por 72 h. y soporte a capacidad de campo con agua destilada.
3. Regadas con 200 mM de NaCl durante un mes.
4. Regadas con 100 ml de Polietilen glicol 6000 PEG 6000 cada dos días, en tres concentraciones 0,5; 1,0 y 1,5 Mpa durante un mes.

Los tratamientos de estrés se aplicaron cuando las plantas tuvieron 10 cm de alto, a los 30 días de la siembra. Las mediciones tanto en el control como en los tratados se realizaron en el mismo momento, una vez finalizados los tratamientos de estrés.

Cepas bacterianas y medios de cultivos: las cepas de *A. brasilense* utilizadas fueron *A. brasilense* Az39 y la mutante *ipdC*.

Ensayos de inoculación: las semillas de *Digitaria* se agruparon en bolsas plásticas, a razón de 50 g por cada grupo para ser inoculadas con 5 ml de cada estirpe bacteriana, a razón de 1×10^7 ufc/ml previo a la siembra.

Tratamientos de inoculación para cada grupo de macetas: se utilizó un tratamiento control medio NFb (medio de cultivo libre de nitrógeno y con malato como fuente de carbono, usado por excelencia para el enriquecimiento de *Azospirillum*), un control negativo (*A. brasilense* cepa *ipdC*) y *A. brasilense* cepa Az39.

Cada grupo de macetas fue tratado con el inóculo correspondiente. El sistema de riego utilizado fue por capilaridad, sumergiendo las macetas durante dos horas, en bandejas que contenían un volumen constante de solución nutritiva de Hoagland 25%, hasta el inicio del tratamiento del estrés. Una vez iniciado el estrés, las macetas de los tratamientos control y frío se regaron con agua destilada; y las otras dos, como se describió en los tratamientos.

2. Crecimiento

En las muestras controles (sin bacterias) y tratadas (con bacterias) bajo condiciones normales y de estreses abióticos se evaluaron parámetros de crecimiento, como: longitud foliar (LF) y longitud radicular (LR), tomándose como muestra un *pool* de 10 plantas, con tres repeticiones.

3. Biomasa

En cada tratamiento de simbiosis y estrés se evaluó: peso fresco foliar (PFF), peso fresco radical (PFR), peso seco foliar (PSF) y peso seco radical (PSR), tomándose como muestra un *pool* de 10 plantas, con tres repeticiones.

4. Tratamiento estadístico de los datos

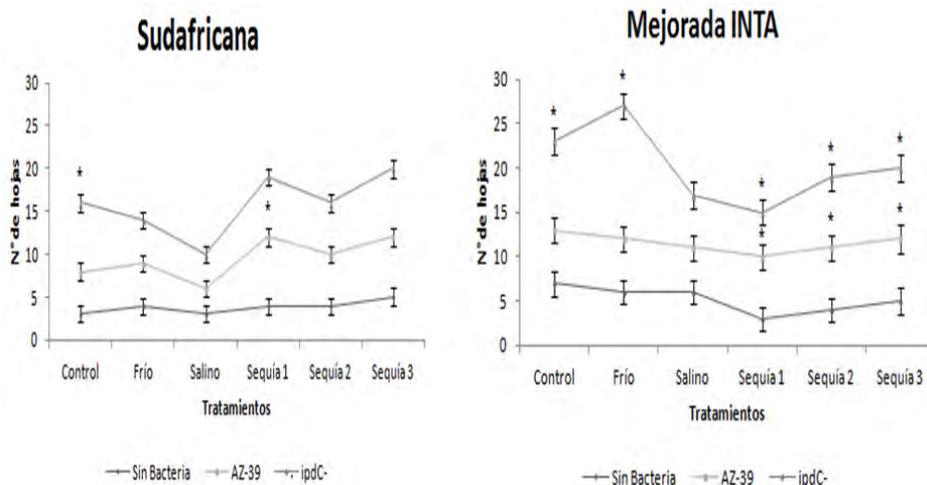
Los datos fueron analizados por el método estadístico INFOSTAT (Universidad Nacional de Córdoba) y los rangos múltiples de DUNCAN. Este test controla errores de tipo I, donde: $\alpha=0,05$ $df=16$ y $MSE=6.208333$, para un número de medias = 8 y un rango crítico de 4.305 a 4.893.

Resultados

En *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana inoculada con la cepa ipdC, el número de hojas mostró aumentos significativos en el tratamiento control y en plantas inoculadas con la cepa AZ-39, en el tratamiento de estrés por sequía 0,5 Mpa, siempre respecto de las plantas sin bacteria. En el cv. Mejorada INTA, inoculada con la cepa ipdC, el número de hojas se vio incrementado en los tratamientos control y frío; por otro lado, en los tratamientos con sequía a presiones osmóticas de 0,5 Mpa, 1,0 y 1,5 Mpa, también aumentó el número de hojas, en las plantas inoculadas con ambas cepas, respecto de las plantas sin bacterias, y fue más significativo en plantas inoculadas con la cepa ipdC (figura 1).

Figura 1

Número de hojas de *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana y cv. Mejorada INTA sin bacterias e inoculadas con *A. brasilense* cepa Az-39 y *A. brasilense* cepa ipdC-, en condiciones de control y estrés por frío (4°C), salinidad (200 mM) y tres niveles de sequía (1: 0,5 Mpa; 2: 1,0 Mpa; 3: 1,5 Mpa).



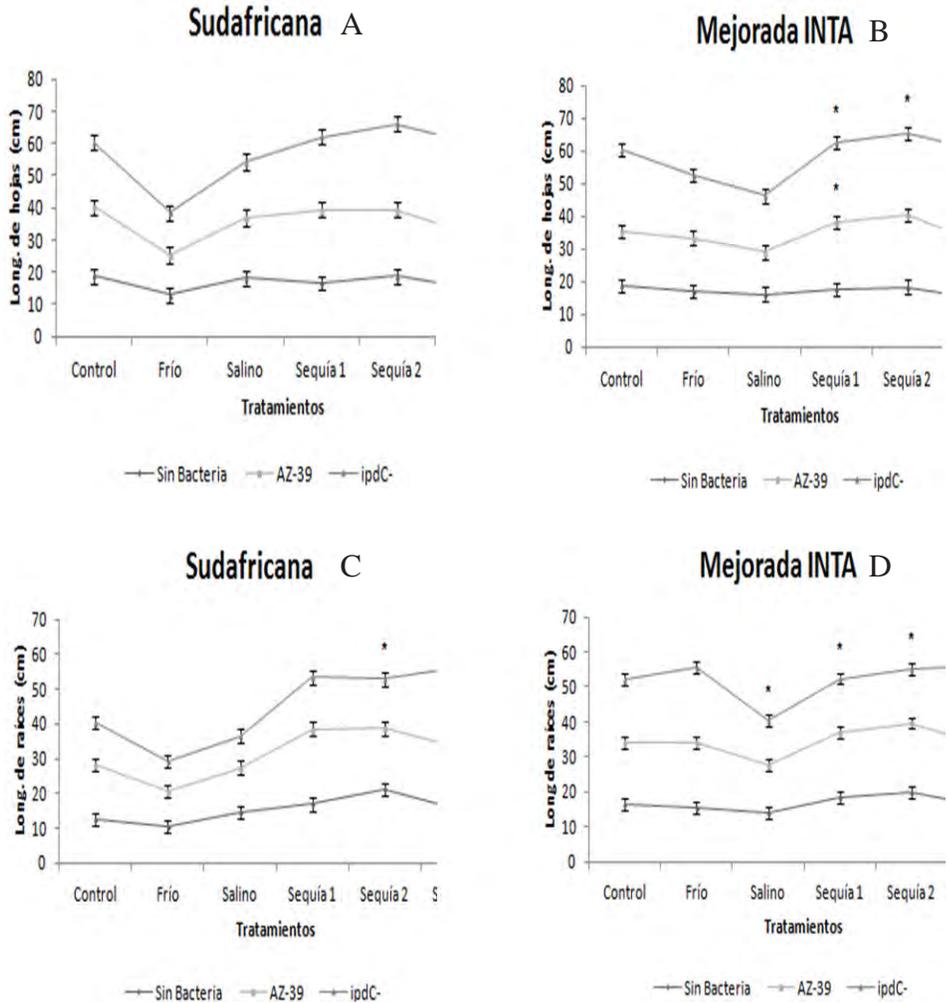
NOTA: Los valores representan la media \pm SE a partir de experimentos por triplicado; las letras indican diferencias significativas a un $p \leq 0,05$.

En el cv. Sudafricana, la LF —en los tratamientos control, frío y salinidad— no manifestó diferencias significativas con ninguna bacteria; sólo se observó un aumento significativo en el tratamiento de estrés por sequía con una presión osmótica de -1,5 Mpa, inoculado con la cepa ipdC- (figura 2A). En Mejorada INTA, la LF no presentó cambios significativos para plantas control, bajo frío o salinidad; aunque sí hubo un aumento significativo bajo los tres tratamientos de estrés por sequía; para presiones osmóticas de -0,5 Mpa, se observó en plantas inoculadas con ambas cepas y sólo con la cepa ipdC- para presiones de -1,0 y -1,5 Mpa (figura 2B).

La LR varió según el tipo de inoculación y estrés aplicado. En el cv. Sudafricana, las plantas control, sometidas a estrés por frío y salinidad, no presentaron diferencias significativas en la longitud radical. Los tratamientos de sequía incrementaron la LR cuando fueron inoculados con la cepa ipdC- y soportaron presiones osmóticas de -1 Mpa o cuando fueron inoculados con ambas cepas para presiones -1,5 Mpa; existió un mayor crecimiento en plantas inoculadas con la cepa ipdC- (figura 2C). En el cv. Mejorada INTA, la LR incrementó en forma significativa bajo estrés salino y sequía bajo presiones osmóticas de -0,5, 1,0 y 1,5 Mpa, inoculados con la cepa ipdC- (figura 2D).

Figura 2

Longitud foliar y radical de *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana y cv. Mejorada INTA sin bacterias e inoculadas con *A. brasilense* cepa Az-39 y *A. brasilense* cepa *ipdC-*, en condiciones de control y estrés por frío (4°C), salinidad (200 mM) y tres niveles de sequía (1: 0,5 Mpa; 2: 1,0 Mpa; 3: 1,5 Mpa).



NOTA: Los valores representan la media \pm SE a partir de experimentos por triplicado; las letras indican diferencias significativas a un $p \leq 0,05$.

Cuadro 1

Peso fresco y peso seco foliar y radical de *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana y cv. Mejorada INTA sin bacterias (SB) e inoculadas con *A. brasilense* cepa Az-39 y *A. brasilense* cepa *ipdC-*, en condiciones de control y estrés por frío (4°C), salinidad (200 mM) y tres niveles de sequía (1: 0,5 Mpa; 2: 1,0 Mpa; 3: 1,5 Mpa). Los valores son media \pm SE a partir de experimentos por triplicado, las letras indican diferencias significativas a un $p \leq 0,05$.

A	cv. Sudafricana				cv. Mejorada INTA				
	Peso Fresco Foliar (g)		Peso Fresco Raíces (g)		Peso Fresco Foliar (g)		Peso Fresco Raíces (g)		
Tratamientos	SB	AZ-39	<i>ipdC-</i>	SB	AZ-39	<i>ipdC-</i>	SB	AZ-39	<i>ipdC-</i>
Control	3,3503 \pm 2,08d	9,2244 \pm 2,18b	10,6164 \pm 2,16b	11,2217 \pm 2,29b	6,9584 \pm 2,45c	22,8237 \pm 2,40a	4,8601 \pm 2,31d	8,3087 \pm 2,43b	12,7405 \pm 2,33b
Frío	1,9132 \pm 2,04d	3,6410 \pm 2,20d	3,7384 \pm 2,18d	4,4829 \pm 2,12d	3,5854 \pm 2,47d	5,6928 \pm 2,23cd	2,4294 \pm 2,28d	5,2485 \pm 2,49c	12,0599 \pm 2,43b
Salinidad	4,7063 \pm 2,05d	3,5612 \pm 2,19d	4,4829 \pm 2,12d	4,4829 \pm 2,12d	3,5854 \pm 2,47d	5,6928 \pm 2,23cd	4,7348 \pm 2,27d	6,3972 \pm 2,40c	11,1095 \pm 2,42b
Sequía 0,5 Mpa	2,9018 \pm 2,06d	5,5712 \pm 2,21c	10,7804 \pm 2,15b	9,8758 \pm 2,18b	12,7703 \pm 2,37b	23,7431 \pm 2,36 ^a	4,3454 \pm 2,60d	12,7003 \pm 2,63 b	23,7561 \pm 2,64a
Sequía 1,0 Mpa	4,1652 \pm 2,08d	5,8638 \pm 2,22c	9,8758 \pm 2,18b	9,8758 \pm 2,18b	12,7703 \pm 2,37b	23,7431 \pm 2,36 ^a	4,3454 \pm 2,60d	12,7003 \pm 2,63 b	23,7561 \pm 2,64a
Sequía 1,5 Mpa	4,2254 \pm 2,35d	12,7703 \pm 2,37b	23,7431 \pm 2,36 ^a	23,7431 \pm 2,36 ^a	12,7703 \pm 2,37b	23,7431 \pm 2,36 ^a	4,3454 \pm 2,60d	12,7003 \pm 2,63 b	23,7561 \pm 2,64a
B	Peso Fresco de Raíces (g)				Peso Fresco de Raíces (g)				
Control	0,3843 \pm 1,634ef	7,1607 \pm 1,72b	8,2284 \pm 1,72b	7,8153 \pm 1,87b	5,6115 \pm 1,98c	15,9414 \pm 1,98a	1,8347 \pm 1,88d	4,4575 \pm 1,98c	9,6122 \pm 1,99b
Frío	0,2931 \pm 1,65ef	0,4232 \pm 1,72ef	0,2738 \pm 1,73ef	1,8347 \pm 1,88d	4,4575 \pm 1,98c	9,6122 \pm 1,99b	3,1345 \pm 1,87d	1,5976 \pm 1,96de	2,9578 \pm 1,98d
Salinidad	0,6438 \pm 1,66ef	0,4578 \pm 1,70ef	0,5978 \pm 1,74ef	0,5978 \pm 1,74ef	1,5976 \pm 1,96de	2,9578 \pm 1,98d	0,5722 \pm 1,87ef	2,0006 \pm 1,95d	1,8239 \pm 2,08d
Sequía 0,5 Mpa	0,5181 \pm 1,67ef	2,5915 \pm 1,71d	1,5016 \pm 1,79e	1,5016 \pm 1,79e	2,0006 \pm 1,95d	1,8239 \pm 2,08d	2,1223 \pm 1,87d	2,9424 \pm 1,89d	5,9065 \pm 1,87c
Sequía 1,0 Mpa	2,5591 \pm 1,63d	3,4423 \pm 1,74d	5,9489 \pm 1,72c	5,9489 \pm 1,72c	2,9424 \pm 1,89d	5,9065 \pm 1,87c	2,500 \pm 2,14d	8,0500 \pm 2,14b	15,788 \pm 2,14a
Sequía 1,5 Mpa	2,5245 \pm 1,86d	8,0513 \pm 1,87b	15,7997 \pm 1,86 ^a	15,7997 \pm 1,86 ^a	8,0500 \pm 2,14b	15,788 \pm 2,14a	2,500 \pm 2,14d	8,0500 \pm 2,14b	15,788 \pm 2,14a

Continúa en la página 27

Viene de la página 26

		<i>cv. Sudafricana</i>				<i>cv. Mejorada INTA</i>			
C	Tratamientos	Peso Fresco Foliar (g)		ipdC	Peso Fresco Foliar (g)		ipdC	Peso Seco de Raíces (g)	
		SB	AZ-39		SB	AZ-39		SB	AZ-39
	Control	0,8434±0,84d	2,8621±0,89c	3,2622±0,81c	3,4185±0,83c	1,9273±0,86d	6,6119±0,84b		
	Frío	0,4037±0,82de	0,5819±0,87de	0,6034±0,86de	1,5106±0,82d	2,7961±0,89d	4,3186±0,83c		
	Salinidad	1,2926±0,83d	0,8531±0,86d	0,966±0,90d	1,9744±0,80d	1,2728±0,88d	1,6384±0,85d		
	Sequía 0,5 Mpa	1,1522±0,90d	1,6923±0,80d	3,6357±0,87c	1,065±0,81d	1,299±0,89d	3,8034±0,86c		
	Sequía 1,0 Mpa	1,7968±0,89d	2,3549±0,81d	3,1378±0,85c	1,8896±0,79	2,2469±0,85d	3,3988±0,85c		
	Sequía 1,5 Mpa	1,6628±0,94d	4,3855±0,94c	10,5309±0,94 ^a	1,6700±0,93d	4,4005±0,92c	106780±0,92a		
D									
	Control	0,2106±0,31d	0,9047±0,33c	1,0895±0,33c	1,694±0,78d	1,3001±0,82c	2,8899±0,82b		
	Frío	0,1184±0,31d	0,1311±0,33d	0,1040±0,33d	0,4626±0,78d	0,9686±0,82c	1,7682±0,82c		
	Salinidad	0,3076±0,31d	0,0649±0,33e	0,2327±0,33d	0,5983±0,78d	0,4198±0,82d	0,6342±0,82d		
	Sequía 0,5 Mpa	0,2831±0,31d	0,6115±0,33d	0,5644±0,33d	0,2826±0,78d	0,3183±0,82d	0,9202±0,82c		
	Sequía 1,0 Mpa	0,8721±0,31d	0,7975±0,33d	1,1798±0,33c	0,3711±0,78d	0,9021±0,82c	1,3722±0,82c		
	Sequía 1,5 Mpa	0,7493±0,36d	1,8266±0,36b	4,1159±0,36 ^a	0,7400±0,89d	1,8270±0,89b	4,1890±0,8a		

En el cv. Sudafricana, el peso fresco foliar (PFF) aumentó en forma significativa con respecto al control en los tratamientos con inoculación con la cepa AZ-39 y con ipdC. El PFF se incrementó de forma significativa en los tres tratamientos de estrés por sequía (0,5, 1 y 1,5 Mpa) en las plantas inoculadas con ambas cepas, en forma cuantitativamente mayor con la cepa ipdC. Bajo frío y salinidad, el PFF no varió en ninguno de los tratamientos sin inoculación y con ninguna de las dos cepas (cuadro 1A).

En el cv. Mejorada INTA, se encontraron aumentos significativos en el tratamiento control, inoculado con la cepa ipdC y una disminución significativa en el PFF en plantas inoculadas con la cepa AZ-39. En el tratamiento de estrés por frío, se observaron aumentos significativos en plantas inoculadas con ambas cepas, fue más notorio con la cepa ipdC.

En el tratamiento salino se observó una disminución significativa de PFF en las plantas inoculadas con AZ-39, manteniéndose las inoculadas con la cepa ipdC, cercanos al control. En los tratamientos de estrés por sequía, inoculados con ambas bacterias, existieron incrementos significativos a 0,5, 1,0 y 1,5 Mpa; en todos los casos, la cepa ipdC respondió con mayores valores de PFF que AZ-39 (cuadro 1A).

En raíces del cv. Sudafricana, el peso fresco de raíces (PFR) se incrementó significativamente en el tratamiento control, inoculados con ambas cepas: AZ-39 e ipdC. El estrés por frío y por salinidad no produjo variación en el PFR en ninguno de los casos de la inoculación y sin ella. Hubo aumentos significativos en los tres tratamientos de estrés por sequía; en la concentración 0,5 Mpa sólo hubo aumento en las plantas inoculadas con la cepa AZ-39; lo contrario ocurrió en la concentración 1,0 Mpa, donde se vieron aumentos en las plantas inoculadas con la cepa ipdC; en cambio, en la concentración 1,5 Mpa se vieron aumentos en las plantas inoculadas con ambas cepas, en mayor medida con la cepa ipdC (cuadro 1B).

En el cv. Mejorada INTA, el PFR en el tratamiento sin estrés se incrementó con la cepa ipdC y disminuyó con la cepa AZ-39; con frío, el PFR aumentó en forma significativa con ambas cepas; con salinidad no existieron diferencias significativas. También hubo aumentos significativos en los tres tratamientos de estrés por sequía; en la concentración 0,5 Mpa fue más notorio, en la cepa AZ-39; en las concentraciones 1,0 Mpa y 1,5 Mpa, fue en mayor medida con la cepa ipdC (cuadro 1B).

El peso seco foliar (PSF) en el cv. Sudafricana, aumentó en forma significativa en el tratamiento control, inoculado con ambas cepas. El frío y la salinidad no produjeron cambios en la acumulación de PSF en ningún caso. Existieron aumentos significativos en los tres tratamientos de estrés por sequía; en las concentraciones 0,5 y 1,0 Mpa fueron aquellos inoculados con la cepa ipdC; en la concentración 1,5 Mpa en aquellas plantas inoculadas con ambas cepas.

En el cv. Mejorada INTA, se encontraron aumentos significativos de PSF en el tratamiento control, inoculado con la cepa ipdC y disminuciones significativas en las plantas con la cepa AZ-39. En el tratamiento de frío existió un incremento significativo en plantas inoculadas con ipdC; y en los tratamientos con sequía se observaron incrementos significativos en todos los potenciales inoculados con la cepa ipdC (cuadro 1C).

El peso seco de raíces (PSR) en *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana, se vio incrementado significativamente en plantas inoculadas con ambas cepas. El frío no provocó diferencias significativas PSR entre plantas control e inoculadas. La salinidad provocó una significativa disminución del PSR en plantas inoculadas con la cepa AZ-39, no así en las inoculadas con la cepa ipdC. La cepa AZ-39 tuvo un efecto mitigatorio en la sequía severa, incrementando el valor de PSR; y la cepa ipdC lo hizo con niveles de sequía de 1,0 y 1,5 Mpa, siempre respecto de las plantas sin bacteria.

En Mejorada INTA, las plantas inoculadas con la cepa AZ-39 disminuyeron su PSR con diferencias significativas respecto al control; en cambio, la cepa ipdC incrementó el PSR, significativamente. Ante el frío, el PSR se vio incrementado con ambas cepas. Bajo tratamiento salino, no existieron diferencias significativas entre las plantas control y las inoculadas con ambas cepas. Las plantas inoculadas con ipdC mostraron incrementos significativos en todos los tratamientos de sequía, con respecto al control. Las plantas inoculadas con AZ-39 también respondieron favorablemente, con 1,0 Mpa y 1,5 Mpa.

Cuadro 2

Resumen del efecto de la inoculación con *A. brasilense* cepa Az-39 y *A. brasilense* cepa ipdC-, en *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana y cv. Mejorada INTA en condiciones de control y condiciones de estrés por frío, salinidad y tres niveles de sequía. Referencias: incremento (+); descenso (-); sin cambios (en blanco).

A	cv. Sudafricana			cv. Mejorada INTA		
	SB	Peso Fresco Foliar (g)		SB	Peso Fresco Foliar (g)	
Tratamientos	SB	AZ-39	ipdC	SB	AZ-39	ipdC
Control		+	+		-	+
Frío					+	+
Salinidad					-	
Sequía 0,5 Mpa		+	+		+	+
Sequía 1,0 Mpa		+	+		+	+
Sequía 1,5 Mpa		+	+		+	+
B		Peso Fresco de Raíces (g)			Peso Fresco de Raíces (g)	
Control		+	+		-	+
Frío					+	+
Salinidad						
Sequía 0,5 Mpa		+			+	
Sequía 1,0 Mpa			+			+
Sequía 1,5 Mpa		+	+			+

Continúa en la página 30

Viene de la página 29

C	<i>cv. Sudafricana</i>			<i>cv. Mejorada INTA</i>		
	<i>Peso Fresco Foliar (g)</i>			<i>Peso Fresco Foliar (g)</i>		
Tratamientos	SB	AZ-39	ipdC	SB	AZ-39	ipdC
Control		+	+		-	+
Frío						+
Salinidad						
Sequía 0,5 Mpa			+			+
Sequía 1,0 Mpa			+			+
Sequía 1,5 Mpa		+	+			+
<i>D</i>	<i>Peso Seco de Raíces (g)</i>			<i>Peso Seco de Raíces (g)</i>		
Control		+	+		-	+
Frío					+	+
Salinidad		-				
Sequía 0,5 Mpa						+
Sequía 1,0 Mpa			+		+	+
Sequía 1,5 Mpa		+	+		+	+
<i>E</i>	<i>Número de hojas</i>			<i>Número de hojas</i>		
Control			+			+
Frío						
Salinidad						
Sequía 0,5 Mpa		+			+	+
Sequía 1,0 Mpa					+	+
Sequía 1,5 Mpa					+	+
<i>F</i>	<i>Largo de hojas (cm)</i>			<i>Largo de hojas (cm)</i>		
Control						
Frío						
Salinidad						
Sequía 0,5 Mpa					+	+
Sequía 1,0 Mpa						+
Sequía 1,5 Mpa			+			+
<i>G</i>	<i>Largo de raíces (cm)</i>			<i>Largo de raíces (cm)</i>		
Control						
Frío						
Salinidad						+
Sequía 0,5 Mpa						+
Sequía 1,0 Mpa			+			+
Sequía 1,5 Mpa		+	+			++

Discusión

Las plantas de *Digitaria eriantha* bajo condiciones de estrés abiótico ven afectados los parámetros morfo-fisiológicos, la producción de hormonas y pigmentos fotosintéticos (Garbero *et al.*, 2011). El propósito de este trabajo fue establecer si *D. eriantha* cvs. Sudafricana y Mejorada INTA mostraban respuestas favorables cuando se asociaban a bacterias PGPR, mitigando el estrés y disminuyendo los efectos negativos de los mismos.

Bajo situaciones de estrés, tales como escasez de recursos o bajas temperaturas, el crecimiento de los organismos se ralentiza; pero al desaparecer el factor de estrés, los organismos pueden incrementar sus tasas de crecimiento llegando a alcanzar tallas idénticas a organismos no sometidos a estrés; este proceso ocurre tanto en plantas como animales y se denomina crecimiento compensatorio. Sin embargo, las plantas presentan peculiaridades morfológicas y fisiológicas que las hacen capaces de mantener crecimiento compensatorio, incluso en presencia del factor que provoca el estrés (Retuerto *et al.*, 2003).

En condiciones control (sin estrés), ambos cultivares mostraron un aumento en PFF, PFR, PSF y PSR cuando fueron inoculados con *Azospirillum brasilense* cepa *ipdC*; lo cual indica el beneficio de la asociación con esta bacteria. Cuando las plantas se inocularon con la cepa AZ-39, sólo resultó beneficiosa la simbiosis con el cv. Sudafricana, mostrando un aumento de PFF, PFR, PSF y PSR; en el cv. Mejorada INTA, se observaron disminuciones en el PFF, PFR, PSF y PSR al inocularse con AZ-39, lo que demuestra una simbiosis no beneficiosa. Cassán *et al.* (2009) en cultivos de soja (*Glycine max* L.) y de maíz (*Zea mays* L.) en simbiosis con *A. brasilense*, también cepa AZ-39, logró incrementos significativos en la LR.

El efecto de las bajas temperaturas sobre una planta puede causar alteraciones metabólicas que determinen diferentes grados de sensibilidad a este factor de estrés. Algunos autores sugieren que el incremento del PF refleja con más precisión el efecto de las bajas temperaturas en el crecimiento de los órganos de una planta. Esto es debido a que durante la aclimatación al frío una importante fracción del incremento en PF corresponde a la deposición de muchos solutos, incluyendo carbohidratos no estructurales, proteínas, lípidos y aminoácidos (Levitt, 1980).

Las plantas de *D. eriantha* cv. Sudafricana detuvieron su crecimiento por efecto del frío, con las dos cepas de *Azospirillum*, lo cual quedó demostrado en los parámetros de PFF y PFR; PSF y PSR y longitud de los órganos vegetativos. Dado que *Digitaria eriantha* es una especie forrajera, la reducción del crecimiento de las hojas es un efecto desfavorable que afecta el rendimiento futuro del cultivo (Terenti, 2004).

En el cv. Mejorada INTA inoculados con la cepa *ipdC*, PFF y PFR, PSF y PSR incrementaron frente al frío, y en las plantas inoculadas con la cepa AZ-39, sólo PFF, PSF y PSR, evidenciando mejor respuesta de este cv. a la simbiosis bacteriana y la respuesta frente a este estrés. Garbero *et al.* (2011) demostraron que frente al frío esta especie desarrolla mecanismos de respuesta antioxidante y hormonal, probablemente incrementados por estas asociaciones simbióticas.

Para combatir las condiciones de salinidad, las plantas han desarrollado diferentes estrategias, que implican la acción de diferentes mecanismos (transporte de solutos compatibles, señalización de procesos en desarrollo, etcétera) que intervienen para conseguir que la planta crezca, se desarrolle y llegue a producir en condiciones de elevada salinidad (Breckle, 2002).

Las plantas del cv. Sudafricana y cv. Mejorada INTA mostraron pocas variaciones en sus parámetros de crecimiento con las dos cepas bacterianas; lo que, probablemente, pondría en evidencia que el nivel de salinidad al cual fueron sometidas las plantas, no produce daño alguno en ambos cultivares; por lo cual se mantienen cercanos al control.

Las plantas muestran, ante el estrés hídrico, respuestas que tienden a evitarlo; o bien, mecanismos o adaptaciones que permiten tolerarlo (Valladares, 2004). Cuando el déficit hídrico se desarrolla lentamente, las plantas pueden presentar respuestas de aclimatación que tienen efectos sobre el crecimiento, como la disminución de la expansión foliar y el aumento del crecimiento radicular (Potters *et al.*, 2007; Shao *et al.*, 2008).

Otro mecanismo de resistencia a nivel fisiológico es el cierre de estomas, estructuras responsables de la mayor proporción de pérdida de agua en las plantas (Taiz y Zeiger, 2006). Ambos cultivares presentaron respuestas favorables en la mitigación de los tres niveles de sequía impuestos.

En los tres casos se mostraron aumentos en todos los parámetros evaluados en plantas inoculadas con *A. brasilense* cepa *ipdC*; en contraposición a la cepa AZ-39, donde el efecto mitigador se observó sólo en algunos parámetros. La cepa *ipdC* es más eficiente en la mitigación del estrés por sequía, más aún en altas concentraciones (1,5 Mpa). La LR disminuyó en concentraciones de PEG de 0,5 y 1,0 Mpa, no así a la mayor concentración; esto corroboraría el efecto compensatorio.

Giulietti *et al.* (2008), demostraron que *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana y Mejorada INTA incrementaban su biomasa en los parámetros PSF y PSR cuando crecían en contacto con sustratos que contenían vermicompuestos.

Por su lado, Pedranzani *et al.* (2015), informaron que cuando *Digitaria eriantha* cv. Sudafricana desarrollaba simbiosis con micorrizas arbusculares, los niveles de defensas antioxidantes y las hormonas ácido jasmónico y su precursor, ácido oxofitodienoico, aumentaban en forma significativa cuando la planta se encontraba en situaciones de estrés abiótico.

Conclusiones

En este estudio se demostró que el cv. Mejorada INTA presentó mayores beneficios en la mitigación del estrés por sequía que el cv. Sudafricana, evidenciando la superioridad del cv Mejorada INTA en forma independiente; y en simbiosis, con *A. brasilense*, inoculado con ambas cepas.

Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de San Luis; quien, mediante el Proyecto consolidado PROICO 2-2914, suministró las instalaciones y elementos para el desarrollo de la investigación. A la Universidad Nacional de Río Cuarto; quien desarrolló los inóculos bacterianos. Y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Villa Mercedes, San Luis, quien suministró las semillas de los dos cultivares de *Digitaria eriantha*.

Literatura citada

- Bashan, Y.; Salazar, B.G.; Moreno, M.; López, B.R. y Linderman, R.G. (2012). Restoration of eroded soil in the Sonoran Desert with native leguminous trees using plant growth-promoting microorganisms and limited amounts of compost and water. *J. Environ Manag* 102:26-36.
- Breckle, J.W. (2002). *Walter's Vegetation of the Earth. The Ecological Systems of the Geo-Biosphere*. Springer, Berlin Heidelberg. Berlin, Alemania. 300 pp.
- Cassán, F.; Perrig, D.; Sgroy, V.; Masciarelli, O.; Penna, C. y Luna, V. (2009). *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). *Eur. J. Soil Biol.* 45(1):28-35.
- Digiambatista, G.A.; Garbero, M.; Ruiz, M.; Giulietti, A. y Pedranzani, H.E (2010). Germination of *Trichloris crinita* and *Digitaria eriantha* in abiotic stress conditions. *Revista Pastos y Forrajes* 33(4):1-9.
- Fulchieri, M. y Frioni, L. (1994). Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays*): effect on yield in experiment in central Argentina. *Soil. Biol. Biochem.* 26 (2): 921-923.
- Garbero, M.; Pedranzani, H.E.; Zirulnik, F.; Molina, A.; Pérez-Chaca, M.V.; Vigliocco, A. y Abdala, G. (2011). Short term cold stress in two cultivars of *Digitaria eriantha*: effects on stress-related hormones and antioxidants defense system. *Acta Phys. Plant* 33(2):497-507.
- Garbero, M.; Andrade, A.; Reinoso, H.; Fernández, B.; Cuesta, C.; Granda, V. y Pedranzani, H. (2012). Short-term cold stress differentially affect growth, anatomy and hormone levels in two cultivars of *Digitaria eriantha*. *Acta Physiol. Plant.* 34(6):2079-2091.
- Giulietti, J.D.; Echeverría, J.C. y Collado, A.D. (2003). Condicionantes históricos de la desertificación en San Luis. En: Aguilera M.O. y Panigatti J.L. (Eds. INTA). *Con las metas claras. La Estación Experimental Agropecuaria San Luis: 40 años a favor del desarrollo sustentable*. INTA. Buenos Aires, Argentina. 228 pp.
- Giulietti, A.; Pedranzani, H.E.; Ruiz, O.M.; Garbero, M.M. y Terenti, O. (2007). Biological response of *Digitaria eriantha* cultivars to soil amendment with earth worm humus. *Revista Pastos y Forrajes* 30(1):119-131.
- Giulietti, A.L.; Ruiz, O.M.; Pedranzani, H.E. y Terenti, O. (2008). Efecto de cuatro lombricompuestos en el crecimiento de plantas de *Digitaria eriantha*. *Revista Internacional de Botánica Experimental Phytton. Fundación Rómulo Raggio*. Argentina. 77(1):137-149.
- Levitt, J. (1980). *Response of plants to environmental stresses*. Volume II. Water, radiation, salt, and other stresses. 1980. Second Ed. 607 pp.

- Pedranzani, H.E.; Ruiz, O.M.; Garbero, M. y Terenti, O. (2005). Efectos del frío sobre los parámetros de producción de *Digitaria eriantha*. *Revista Internacional de Botánica Experimental Phytón. Fundación Rómulo Raggio*. Argentina. 74 (1): 211-216.
- Pedranzani, H.E.; Rodríguez-Rivera, M.; Gutiérrez, M.; Porcel, R.; Hause, B. y Ruiz-Lozano, J.M. (2015). Arbuscular mycorrhizal symbiosis regulates physiology and performance of *Digitaria eriantha* plants subjected to abiotic stresses by modulating antioxidant and jasmonate levels. *Mycorrhiza* 26(2):141-152.
- Potters, G.; Pasternak, T.P.; Guisez, Y.; Palme, K.J. y Jansen, M.A. (2007). Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? *Trends Plant Sci.* 12(3): 99-105.
- Quiroga, A.M. (2003). Respuestas morfofisiológicas de *Digitaria eriantha* Steudel subs. *Eriantha* y producción de callos como germoplasma factible para seleccionar plantas resistentes al frío. Tesis de Ingeniería Agronómica. FICES. Universidad Nacional de San Luis, Argentina. 70 pp.
- Quiroga, A.M.; Pedranzani, H.E.; Rodríguez, R. y Abdala, G. (2004). Metilación de ADN genómico en dos cultivares de *Digitaria eriantha* a bajas temperaturas. *Pastos y Forrajes* 27(4):317-320.
- Retuerto, R.; Rodríguez-Roiloa, S.; Fernández-Lema, B. y Obeso, J.R. (2003). Respuestas compensatorias de plantas en situaciones de estrés. *Revista Ecosistemas* (1).
- Retuerto, R.; Rodríguez-Roiloa, S.; Fernández-Lema, B. y Obeso, J.R. (2003). Respuestas compensatorias de plantas en situaciones de estrés. *Ecosistemas* 2003/1. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/investigacion4.htm> (consultado en mayo de 2017).
- Rimieri, P. (1997). *Creación de cultivares mejorados e identificables de Poa ligularis y Digitaria eriantha*. (1997). Informe de convenio. En: INTA, EEA San Luis, Argentina. Informe técnico de proyectos (Área de Producción Animal). 183-184 pp.
- Shao, H.B.; Chu, L.Y.; Jaleel, C.A. y Zhao, C.X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C.R. Biol.* 331(3): 215-225.
- Taiz, L. y Zeiger E. (2006). *Stress physiology. Plant Physiology*. 4a. Ed. Sinauer Associates. 690 pp.
- Terenti, O. (2004). Evolución del crecimiento y la calidad de la semilla en *Digitaria eriantha*. *Pastos y Forrajes* 27(1):21-24.
- Thuar, A.; Carlier, E. y Olmedo, C. (2005). Efecto de la promoción del crecimiento en un cultivo de trigo inoculado con *A. brasilense* Az39, en dos suelos de la región. *Revista de las Jornadas Científico Técnicas de Biología del Suelo y V Encuentro sobre Fijación Biológica del Nitrógeno Revista*. San Salvador de Jujuy, Argentina. 37 pp.
- Valladares, F. (2004). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente. *Ecosistemas* 14 (2): 203-204.
- Vella, M.; Masciarelli, O.; Grion, H.; Peman, R.; Cassán, F. y Luna, V. (2005). *Evaluación de la germinación, establecimiento y crecimiento temprano de semillas de Chloris gayana y Panicum maximum inoculadas con A. brasilense Az39*. V Reunión Nacional de Biología de Suelos y V Encuentro sobre Fijación Biológica de Nitrógeno en San Salvador de Jujuy Argentina. 40 pp.
- Veneciano, J.H.; Terenti, O.A. y Federigi, M.E. (2002). Factores climáticos y pasturas megatérmicas perennes. *Revista de la Sociedad Rural de Jesús María* (Córdoba, Argentina) 130 (1): 39-42.

Recepción: 20 de junio de 2016

Envío arbitraje: 10 de septiembre de 2016

Dictamen: 25 de diciembre 2016

Aceptado: 18 de enero de 2017

Efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Effect of a growth promoter in the production behavior of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Kolima Peña Calzada,* Juan Carlos Rodríguez, Dilier Olivera, Nelson León Orellana y Yamilka Lugones

Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”
Facultad de Ciencias Agropecuarias-Departamento de Agronomía
Avenida de los Mártires No. 360, Sancti Spíritus (Cuba).

Tel. 53 41 3361 15

*Correspondencia: kolima@uniss.edu.cu

Resumen

Para evaluar el efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del cultivo de frijol, se realizaron cuatro experimentos en cuatro agroecosistemas de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. En los ensayos, el diseño experimental fue el Cuadrado Latino con cuatro tratamientos. Fueron evaluadas las dosis de VIUSID agro®: 0.5; 0.8; 1.0 (L ha⁻¹) y un control. Las variables agronómicas evaluadas fueron vainas por planta, granos por planta, granos por vainas, la producción por planta (g), la masa de 100 granos (g) y el rendimiento agrícola (t ha⁻¹). En el experimento uno, el mayor efecto estimulante se logró con el tratamientos de 1.0 (L ha⁻¹), con un incremento de los rendimientos de 30.28% respecto al control. En el ensayo dos, el rendimiento agrícola alcanzado con las dosis de 0.8 y 1.0 L ha⁻¹ superó al control en un 29.35 y 35.32%, respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos en el experimento tres, donde los incrementos respecto al no tratado fueron de 19.19 y 11.62%.

Abstract

To evaluate the effect of a growth promoter on the productive behavior of the bean culture, four experiments were carried out in four agroecosystems of the province of Sancti Spíritus, Cuba. The experimental design used for the trials was the Latin Square with four treatments. The doses of VIUSID agro® evaluated were: 0.5; 0.8; 1.0 (L ha⁻¹) and one control. The agronomic variables evaluated were: pods per plant, grains per plant, grains per pods, yield per plant (g), mass of 100 grains (g) and agricultural yield (t ha⁻¹). In experiment one, the highest stimulant effect was achieved with treatments of 1.0 (L ha⁻¹), with an increase in yields of 30.28% with respect to the control. In test two, the agricultural yield at doses of 0.8 and 1.0 L ha⁻¹ exceeded the control by 29.35 and 35.32%, respectively. Similar results were obtained in experiment three, where the increases with respect to the untreated plants were 19.19 and 11.62%. Similarly, in trial four there was an increase in production over the control of 1.21 t ha⁻¹ with

Del mismo modo, en el ensayo cuatro hubo un aumento de la producción respecto al control de 1.21 t ha⁻¹ con el uso de la dosis mayor. La aplicación foliar del promotor del crecimiento VIUSID agro[®] favoreció significativamente la productividad del cultivo del frijol. Las dosis de mejor comportamiento fueron 1.0 (L ha⁻¹) en los experimentos uno y cuatro; y la de 0.8 y 1.0 (L ha⁻¹) en los experimentos dos y tres.

Palabras clave

VIUSID agro[®], aminoácidos, fertilización foliar, granos.

the use of the higher dose. Foliar application of the VIUSID agro[®] growth promoter significantly favored the bean crop productivity. The best performance doses were 1.0 (L ha⁻¹) in experiments one and four, and 0.8 and 1.0 (L ha⁻¹) in experiments two and three.

Keywords

VIUSID agro[®], amino acids, foliar fertilization, grains.

Introducción

En Cuba, el volumen de producción del frijol es bajo debido, principalmente, a la poca disponibilidad de insumos agrícolas, el mercado, los problemas fitosanitarios y el uso de semillas inadecuadas (Ortiz *et al.*, 2006). La superficie cultivada de este grano, en 2014, fue de 129,991 hectáreas; las que produjeron 131,845 toneladas con rendimiento promedio de 1.01 t ha⁻¹, reportado en el Anuario Estadístico de Cuba (ONE, 2014).

Una alternativa que se ha usado en el país, para incrementar la producción de este grano, es el uso de estimulantes del crecimiento vegetal (Borges, 2005; Méndez *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2012; López y Pouza, 2014; Peña *et al.*, 2015 a). Sin embargo, según el Anuario Estadístico de Cuba, aún se importa alrededor del 70% de las vainas secas que se consumen anualmente en el país; y en 2011, se gastaron alrededor de 25 millones de dólares en importar este grano.

Por otra parte, en los últimos años, con el objetivo de hacer más eficientes los sistemas productivos, distintas industrias agroquímicas han dispuesto en el mercado complejos nutritivos que contienen micronutrientes, aminoácidos, y extractos vegetales; los cuales se han denominado “promotores de crecimiento vegetal” (Peña *et al.*, 2016).

El VIUSID agro[®] es uno de estos productos y puede constituir una alternativa al incremento de la producción de los cultivos sin afectar el ambiente. Según Catalysis (2014), este producto actúa como biorregulador natural y está compuesto por: Fosfato potásico, Ácido málico, Sulfato de cinc, Arginina, Glicina, Ácido ascórbico (Vitamina C), Pantotenato cálcico, Piridoxina (B6), Ácido fólico, Cianocobalamina (B12), Glucosamina y Glicirricinatomoamónico. Además, como aspecto relevante, todos estos compuestos fueron sometidos a un proceso de activación molecular que permite el uso de dosis bajas con buenos resultados.

Se han realizado evaluaciones del producto en condiciones controladas en diferentes cultivos; entre ellos: pastos (Galdo *et al.*, 2014 y Quintana *et al.*, 2015), anthurio, frijol, tomate (Peña *et al.*, 2015b; Peña *et al.*, 2015c y Peña *et al.*, 2016). También, se ha

comparado con otros estimulantes de producción nacional e internacional en el cultivo del frijol (Meléndrez *et al.*, 2015).

Dichas evaluaciones permiten explorar el uso de bioproductos producidos en el país, además de conocer otras posibilidades internacionales, donde: las dosis recomendadas por el fabricante sean bajas, el producto sea amigable con el ambiente y con buenos resultados en una gran diversidad de cultivos; entre ellos, los granos. Sin embargo, los estudios aún son insuficientes, partiendo de que las réplicas con diferentes especies, variedades y repeticiones en el tiempo, son un requisito en la investigación agropecuaria (Fuentes *et al.*, 1999).

Debido a que el frijol es uno de los cultivos más importantes de Cuba, el objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento productivo de esta leguminosa con la aplicación foliar de VIUSID agro®.

Materiales y métodos

Generalidades de la investigación

Los experimentos se realizaron en cuatro cooperativas de la provincia Sancti Spíritus, Cuba. Las variables climáticas fueron registradas por la Estación Provincial de Sancti Spíritus, datos correspondientes al promedio mensual en el periodo. Para el tipo de suelo se tuvo en cuenta la Base de Referencia Mundial para los Recursos de la Tierra (WRB, 2014).

Se usaron variedades con diferentes características; entre ellas: la Velazco Largo que es de color rojo, con un potencial de rendimiento de 2.3 t ha^{-1} , hábito de crecimiento tipo I y un ciclo de alrededor de 75 días.

Además, la variedad BAT 304, que es de color negro, con un potencial de rendimiento de 2.8 t ha^{-1} , hábito de crecimiento tipo III y un ciclo de 75 días.

También, se evaluó en la variedad Pilón, que es de color carmelita claro, con un potencial de rendimiento de 2.2 t ha^{-1} , hábito de crecimiento tipo II y un ciclo de alrededor de 75 días.

La variedad Quivicán fue empleada en el experimento 4, y se caracteriza por el color blanco de sus semillas, con un potencial de rendimiento de 2.2 t ha^{-1} , hábito de crecimiento tipo II y un ciclo de alrededor de 86 días.

Las semillas para la siembra de los experimentos fueron proporcionadas por los propios productores y provenientes de la campaña anterior. Para la selección del área, la preparación de suelo, siembra, riego y el control de plagas se siguieron las normas técnicas del cultivo del frijol (MINAG, 2010).

En el cuadro 1, se observan las generalidades de cada experimento y en el cuadro 2, la composición del promotor del crecimiento.

Cuadro 1
Generalidades de los experimentos.

Generalidades	Experimento			
	1	2	3	4
Cooperativa	Hermanos Calero	Alfredo Ferrer	Mártires de la Chorrera	10 de octubre
Coordenadas	21° 52' 40"N	22°04'44"N	21° 55' 47"N	21°54'06"N
	79° 25' 23"O	079°29'57"O	79° 26' 33"O	79°26'44"O
Suelo	Fluvisol	Cambisol	Cambisol	Cambisol
Variedad	Velazco Largo	BAT 304	Pilón	Quivicán
Marco de siembra (m)	0.6 x 0.1	0.6 x 0.2 m	0.6 x 0.1	0.35 x 0.10
Siembra	15-12-2015	3-1-2015	30-11-2014	30-1-2015
Cosecha	29-3-2016	18-4-2016	18-2-2015	24-4-2015
Temperatura (°C)	22.8	23.2	22.2	23.7
Humedad (%)	82.0	81.0	81.0	75.0
Precipitación (mm)	48.4	55.2	19.0	28.5

Diseño experimental

El diseño experimental usado fue el Cuadrado Latino con cuatro tratamientos (Fuentes *et al.*, 1999). Las parcelas fueron de 16 m² para un área experimental de 576 m², la defensa interna por parcelas fue de 0.50 m² y el área de cálculo de 9 m². Se evaluaron, en cosecha, 10 plantas por parcelas escogidas al azar en la superficie o área de cálculo, 40 plantas por tratamiento, 160 por experimento y 640 en total.

Forma de aplicación y tratamientos

La aplicación foliar en ambos experimentos fue en horas de la mañana y se usó un aspersor foliar de espalda con capacidad de 16 litros. La primera aplicación fue 25 días posterior a la siembra; la segunda, al inicio de floración (10% de las plantas en esta fase); y la tercera, en la formación de las vainas (10% de las plantas en esta fase). Los tratamientos fueron: control y VIUSID agro[®] 0.5, 0.8 y 1.0 (L ha⁻¹).

Cuadro 2

Composición del promotor del crecimiento evaluado en evaluado g/100 mL.

Composición	%	Composición	%
Fosfato Potásico	5	Pantotenato Cálcico	0.115
Ácido Málico	4.6	Piridoxal	0.225
Glucosamina	4.6	Ácido Fólico	0.05
Arginina	4.15	Cianocobalamina	0.0005
Glicina	2.35	Glicirricinatomoamónico	0.23
Ácido Ascórbico	1.15	Benzoato Sódico	0.2
Sulfato de Zinc	0.115	Sorbato Potásico	0.2
Agua destilada c.s.p	100 mL		

Todos estos compuestos fueron sometidos a un proceso de activación molecular.

Indicadores

Las variables evaluadas en los experimentos fueron: vainas por planta, granos por planta, granos por vaina, producción por planta (g), masa de 100 granos (g) y rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$).

Para la masa de 100 granos (g) se tomaron cuatro muestras de 100 granos por parcela y se determinó su masa con una balanza digital Sartorius, con precisión de ± 0.01 g. El rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$) se obtuvo por el método indirecto (Fuentes *et al.*, 1999).

Estadística

Los datos se procesaron con el uso del paquete estadístico SPSS versión 15.1.0 (2006) para *Windows*. Para la normalidad se hizo la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la d-ócima de Levene para la homogeneidad. Cuando existió normalidad y homogeneidad, se realizó un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA), y la prueba de rangos múltiples Duncan cuando ($P < 0.05$). La prueba de Kruskal-Wallis y prueba U de Mann-Whitney se aplicó cuando no existía normalidad de los datos.

Resultados

Experimento 1

En las vainas por planta no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con las dosis de 0.5, 0.8 ($L\ ha^{-1}$) y el control (cuadro 2). Sin embargo, con la dosis de 1.0 ($L\ ha^{-1}$) hubo un aumento respecto al no tratado, de 1.33 vainas por planta; que significó un incremento de 18.73% con diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre ambas variantes. En los granos por planta, el tratamiento con mejor comportamiento fue la dosis mayor que difirió significativamente del control y de la variante de menor dosis, el incremento respecto al control fue de 27.05%. En la variable granos por vaina no hubo diferencias significativas entre las dosis.

Experimento 2

En las vainas por planta (cuadro 3) el mejor comportamiento fue de la dosis de 1.0 (L ha⁻¹); ésta manifestó diferencias significativas con el resto de las variantes y tuvo un incremento con relación al control, de 44.38%. En la variable granos por planta, los tratamientos con las dosis de 0.8 y 1.0 (L ha⁻¹) difirieron significativamente ($P < 0.05$) entre sí y de la variante control, con un incremento respecto a éste, de la dosis de 0.1 (L ha⁻¹) de 46.63%. En los granos por vaina el mejor resultado estuvo relacionado con las dosis de 0.5 y 0.8 (L ha⁻¹), ya que éstas difirieron significativamente del control.

Experimento 3

El número de vainas por planta de los tratamientos con la dosis de 0.8 y 1.0 (L ha⁻¹) superaron significativamente ($P < 0.05$) que el resto de las variantes. En los granos por planta el mejor comportamiento fue el de la variante con mayor dosis y el incremento respecto al control fue de 14.65%. En los granos por vaina no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (cuadro 3).

Experimento 4

La producción de vainas por planta (cuadro 3) fue superior significativamente a todas las variantes cuando se usó la dosis de 1.0 (L ha⁻¹) del producto, con un incremento respecto al control de 9.42 vainas. La dosis de 0.8 (L ha⁻¹) también difirió significativamente ($P < 0.05$) del control y de la variante de menor dosis y el incremento fue de 3.35 vainas por planta. En los granos por planta el comportamiento fue similar, ya que el tratamiento con la mayor dosis superó al control, con 31.16 granos por planta. Sin embargo, en los granos por vaina, el tratamiento control fue el de mejor comportamiento; ya que superó todas las variantes, significativamente.

Cuadro 3
Efecto de los tratamientos en las vainas por planta,
granos por planta y granos por vaina.

<i>Tratamientos</i>	<i>Vainas/planta</i>	<i>Granos/planta</i>	<i>Granos/vaina</i>
Experimento 1			
control	7.10 ± 0.31 b	26.43 ± 1.46 b	3.71 ± 0.12 a
0.5 (L ha ⁻¹)	7.73 ± 0.30 b	28.28 ± 1.19 b	3.68 ± 0.09 a
0.8 (L ha ⁻¹)	8.03 ± 0.37 b	30.75 ± 1.64 ab	3.82 ± 0.09 a
1.0 (L ha ⁻¹)	8.43 ± 0.35 a	33.58 ± 1.37 a	4.06 ± 0.11 a
C.V.	27.49	31.32	17.06
Experimento 2			
control	18.25 ± 0.85 b	91.03 ± 4.52 c	4.97 ± 0.11 b
0.5 (L ha ⁻¹)	17.98 ± 1.09 b	96.33 ± 6.59 c	5.30 ± 0.09 a
0.8 (L ha ⁻¹)	20.65 ± 0.92 b	110.33 ± 5.12 b	5.31 ± 0.09 a
1.0 (L ha ⁻¹)	26.35 ± 1.35 a	133.48 ± 7.69 a	5.14 ± 0.10 ab
C.V.	25.99	28.64	13.51
Experimento 3			
control	28.35 ± 1.15 b	157.00 ± 5.15 c	5.54 ± 0.09 a
0.5 (L ha ⁻¹)	27.85 ± 1.05 b	162.17 ± 5.20 b	5.78 ± 0.07 a
0.8 (L ha ⁻¹)	31.10 ± 1.31 a	180.30 ± 6.78 a	5.79 ± 0.06 a
1.0 (L ha ⁻¹)	29.77 ± 1.22 a	169.50 ± 6.52 b	5.78 ± 0.06 a
C.V.	28.77	20.14	8.79
Experimento 4			
control	7.48 ± 0.24 c	47.85 ± 1.40 c	6.46 ± 0.11 a
0.5 (L ha ⁻¹)	8.05 ± 0.18 c	49.73 ± 1.17 c	6.20 ± 0.09 a
0.8 (L ha ⁻¹)	10.83 ± 0.44 b	61.98 ± 2.34 b	5.83 ± 0.14 c
1.0 (L ha ⁻¹)	16.90 ± 0.56 a	79.01 ± 3.47 a	4.73 ± 0.15 d
C.V.	21.35	21.81	17.76

Medias ± error estándar. Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P < 0.05$).

Experimento 1

En la producción por planta (cuadro 4) la dosis de 1.0 fue la que provocó un incremento significativo ($P < 0.05$) respecto al control. Se obtuvo un aumento de la producción de 3.37 g por planta, lo que representó un incremento del 30.36%. En la masa de 100 granos no hubo diferencias estadísticas entre las variantes evaluadas. El rendimiento con la dosis de 1.0 (L ha⁻¹) fue significativamente superior ($P < 0.05$) que todas las variantes y tuvo un incremento respecto al control del 30.28%.

Experimento 2

En el experimento 2 (cuadro 4) la producción por planta fue superior en los tratamientos con el VIUSID agro[®], excepto la dosis de 0.5 (L ha⁻¹) que no difirió significativamente del control. El mejor comportamiento se consiguió con la dosis de 1.0 (L ha⁻¹) que produjo 8.7 g por planta más que el control, lo que significó un incremento de la producción, del 56.64%. En la masa de 100 granos no se encontraron diferencias estadísticas entre las variantes. En el rendimiento agrícola, las variantes con el producto superaron al control significativamente ($P < 0.05$), excepto la dosis de 0.5 (L ha⁻¹). El mejor comportamiento fue del tratamiento de 1.0 (L ha⁻¹), con un incremento de 35.32% respecto al no tratado con el VIUSID.

Experimento 3

La variante de mejor comportamiento en la producción por planta fue la dosis de 0.8 (L ha⁻¹), con la que se logró un incremento del 16.36% respecto al control (cuadro 4). La dosis de 1.0 (L ha⁻¹) también difirió significativamente del control y del resto de los tratamientos en estudio. Sin embargo, en la masa de 100 granos no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, a diferencia del rendimiento productivo; donde fueron las dosis de 0.8 y 1.0 L ha⁻¹ las que lograron superar en 11.62 y 19.19% al control.

Experimento 4

Los resultados del experimento 4 se reflejan en el cuadro 4; se observa que en la producción por planta fue el tratamiento de mayor dosis el del mejor comportamiento y superó al control en más del 50%. En la masa de 100 granos no hubo diferencias significativas y el tratamiento que alcanzó mayor rendimiento agrícola fue el de la aplicación foliar del VIUSID agro 1.0 (L ha⁻¹), con un incremento respecto al control, del 1.21 t ha⁻¹. La variante con la dosis de 0.8 (L ha⁻¹) también difirió significativamente ($P < 0.05$) del control, con un incremento de 34.33% respecto de éste.

Cuadro 4

Efecto de los tratamientos en la producción por planta y en la masa de 100 granos.

Tratamientos	Producción/planta (g)	Masa 100 (g)	Rendimiento($t\ ha^{-1}$)
Experimento 1			
control	11.10 \pm 0.60 b	42.38 \pm 0.84 a	2.18 \pm 0.12 c
0.5 (L ha^{-1})	11.90 \pm 0.54 b	42.03 \pm 0.71 a	2.34 \pm 0.11 c
0.8 (L ha^{-1})	12.69 \pm 0.62 b	41.77 \pm 0.63 a	2.49 \pm 0.12 b
1.0 (L ha^{-1})	14.47 \pm 0.59 a	43.42 \pm 0.85 a	2.84 \pm 0.12 a
C.V.	31.02	11.37	30.89
Experimento 2			
control	15.36 \pm 0.75 c	17.04 \pm 0.28 a	2.01 \pm 0.13 b
0.5 (L ha^{-1})	17.15 \pm 1.18 bc	17.86 \pm 0.25 a	2.34 \pm 0.18 b
0.8 (L ha^{-1})	18.31 \pm 0.86 b	16.67 \pm 0.20 a	2.60 \pm 0.07 a
1.0 (L ha^{-1})	24.06 \pm 1.48 a	17.46 \pm 0.15 a	2.72 \pm 0.14 a
C.V.	30.92	30.02	21.14
Experimento 3			
control	30.31 \pm 1.15 c	19.25 \pm 0.33 a	1.98 \pm 0.09b
0.5 (L ha^{-1})	31.12 \pm 1.13 c	19.13 \pm 0.29 a	2.07 \pm 0.11b
0.8 (L ha^{-1})	35.27 \pm 1.18 a	19.65 \pm 0.17 a	2.36 \pm 0.10a
1.0 (L ha^{-1})	33.20 \pm 1.16 b	19.52 \pm 0.30 a	2.21 \pm 0.10a
C.V.	21.52	9.13	21.33
Experimento 4			
control	6.64 \pm 0.23 c	13.83 \pm 0.19a	1.66 \pm 0.06 c
0.5 (L ha^{-1})	6.81 \pm 1.17 c	13.74 \pm 0.19a	1.70 \pm 0.04c
0.8 (L ha^{-1})	8.93 \pm 0.32 b	14.58 \pm 0.34a	2.23 \pm 0.08b
1.0 (L ha^{-1})	11.47 \pm 0.55a	14.49 \pm 0.21 a	2.87 \pm 0.14a
C.V.	24.75	11.09	24.43

Medias \pm error estándar. Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P < 0.05$).

Discusión

Estos resultados se deben al promotor del crecimiento, ya que en su composición tiene diferentes sustancias que influyen positivamente en el incremento de la producción de frutos por planta. Entre estos elementos se encuentra el zinc, que se ha reportado por diferentes autores; interviene en el cuajado o llenado de los frutos.

Sawan *et al.* (2008) en el cultivo del algodón (*Gossypium barbadense* L.) determinaron que la aplicación foliar Zn combinado, provocó un incremento en la producción, al aumentar significativamente los frutos y las semillas por planta. Además, Cakmak (2008)

plantea que la aplicación foliar de zinc solo o combinado, incrementa el contenido de este elemento en los frutos, estimula el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos.

El VIUSID está compuesto, además, por aminoácidos; y éstos son considerados como precursores y componentes de proteínas que son importantes para la estimulación del crecimiento celular (Rai, 2002). Ellos actúan como amortiguadores que ayudan a mantener el valor de pH favorable dentro de la célula de la planta (Davies, 1982). También, los aminoácidos son bioestimulantes y es bien conocido que tienen efectos positivos en el crecimiento de la planta, en el rendimiento y reducen significativamente las lesiones causadas por el estrés abiótico (Kowalczyk y Zielony, 2008).

Existen evidencias, asimismo, de su efecto favorable en el incremento de la producción de varios cultivos. Se plantea que están relacionados con la síntesis de IAA en la planta y que influyen —directa o indirectamente— en las actividades fisiológicas, como el crecimiento y desarrollo. Se ha comprobado que la aplicación foliar de éstos, influyó positivamente en el crecimiento, producción y calidad del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en invernáculo plástico (Boras *et al.*, 2011).

Estos resultados coincidieron con Valle *et al.* (2016), quienes, en el cultivo del frijol obtuvieron resultados positivos con el uso de diferentes dosis de VIUSID agro[®]. Estos autores concluyeron que el promotor del crecimiento activado molecularmente VIUSID agro favoreció el comportamiento productivo del cultivo del frijol. El mejor comportamiento fue alcanzado con la dosis de 1.0 (L ha⁻¹), con incremento del rendimiento con relación al control, de 22.76%.

Peña *et al.* (2015 d) y Meléndrez *et al.* (2015) también reportaron beneficios en el incremento de los rendimientos al usar diferentes dosis de VIUSID agro[®] en frijol. Quintana (2015) logró efectos positivos al aplicar de forma foliar el producto en diferentes pastos.

Conclusiones

La aplicación foliar del promotor del crecimiento VIUSID agro[®] favoreció significativamente la productividad del cultivo del frijol en los cuatro ensayos realizados. Las dosis de mejor comportamiento fueron 1.0 (L ha⁻¹) en los experimentos uno y cuatro; y la de 0.8 y 1.0 (L ha⁻¹) en los experimentos dos y tres.

Literatura citada

- Boras, M.; Zidan, R. y Halloum, W. (2011). Effect of amino acids on growth, production and quality of tomato in plastic greenhouse. Tishreen Univ. J Res. and Sc Studies. *BiologSci Series*. 33(5):229-238.
- Borges, O. (2006). *Efecto del FitoMas E en frijol común plantado sobre suelo salino. Guantánamo. Estación de suelo de Guantánamo*. Memorias VII Encuentro de Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba.
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*. 302(1): 1-17.
- Davies, D. D. (1982). Physiological aspects of protein turn over. *Encycl Plant Physiol*, 45:481-487.
- Fuentes, F. E.; Abreu, E. E.; Fernández, E. y Castellanos, M. (1999). *Experimentación agrícola*. Ed. Félix Varela. La Habana, Cuba. 225 pp.

- Galdo, Y.; Quintana, M.; Cancio, T. y Méndez, V. (2014). *Empleo del VIUSID agro® para la estimulación del crecimiento en tres gramíneas*. Memorias III Convención Internacional Agrodesarrollo 2014. Varadero, Cuba.
- Hernández, G.; Hernández, O.; Guridi, F. y Arbelo, N. (2012) Influencia de la siembra directa y las aplicaciones foliares de extracto líquido de Vermicompost en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 21(2): 86-90.
- Kowalczyk, K. y Zielony, T. (2008). Effect of Aminoplant and Asahi on yield and quality of lettuce grown on rockwool. *Conf. of biostimulators in modern agriculture*. Warsaw, Poland.
- López, Y. y Pouza, Y. (2014). Efecto de la aplicación del bioestimulante Fitomas-E en tres etapas de desarrollo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible*. 7(20): 1-10.
- Meléndrez, J. F.; Peña, K. y Cristo, M. (2015). *Efecto de Trichoderma harzianum, microorganismos eficientes y VIUSID agro® en el cultivo del frijol*. Memorias III Conferencia Científica Internacional de la UNISS YAYABOCIENCIA. Sancti Spiritus, Cuba.
- Méndez, J.; Chang, R. y Salgado, Y. (2011). Influencia de diferentes dosis de Fitomas-E en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Granma Ciencia* 15(2): 1-10.
- MINAG. (2010). *Guía técnica del cultivo del frijol común*. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 12 pp.
- ONE. (2014). *Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Producción agrícola por cultivos seleccionados*. Edición 2015. 33 pp.
- Ortiz, R.; Ríos, H.; Ponce, M. y Verde, G. (2006). El mejoramiento participativo. Mecanismo para la introducción de variedades para la producción alimenticia en fincas y cooperativas agrícolas. *Centro Agrícola*. 33(3): 12-22.
- Peña, C. K.; Rodríguez, J. C. y León, N. F. (2015 a). Efectos de la aplicación simultánea de Fitomas E y Biobras 16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Infociencia*. 19(3): 1-11.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2015 b). Efecto de un promotor del crecimiento activado molecularmente sobre la germinación y la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Infociencia*. 19(3): 1-12.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2015 c). Efecto de la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente en el cultivo de *Anthurium andreaeanum* Lind. *Revista Granma ciencia*. 19(2): 1-12.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2016). El VIUSID agro® una alternativa en el incremento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/05/viusid.html> (Consultado el 15 de diciembre de 2016).
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Santana, M. (2015 d). Comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente. *Revista Científica Avances* 17(4): 327-337.
- Quintana, M.; Galdo, Y.; Cancio, T. y Méndez, V. (2015). Efecto del estimulante natural VIUSID agro® en la producción de biomasa forrajera de *brachiaria* híbrido cv. mulato II. *Agrotecnia de Cuba* 39(5): 15-22.
- Rai, V. K. (2002). Role of amino acids in plant responses to stress. *Biol Plant*. 45:471-478.
- Sawan, Z. M.; Mahmoud, H. M. y El-Guibali, A. H. (2008). Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Journal of Plant Ecology* 1(4): 259-270.
- SPSS. (2006). *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*. Version 15.0.1. Chicago, USA: SPSS Inc.
- Valle, C. D. y Peña, K. (2016). El VIUSID agro® una alternativa en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Memorias X Congreso Internacional de Educación Superior Universidad 2016*. La Habana, Cuba.
- WRB (2014). Iuss working group WRB. World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Recepción: 12 de octubre de 2016

Envío arbitraje: 20 de octubre de 2016

Dictamen: 7 de febrero de 2017

Aceptado: 20 de febrero de 2017



Título: *Flora fauna*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: Tinta china morada
Dimensiones: 28x22 cm

Reproduction of *Scomberomorus sierra* (Percoidei: Scombridae) in the Central Mexican Pacific coast

Reproducción de *Scomberomorus sierra* (Percoidei: Scombridae)
en la costa central del Pacífico mexicano

**Elaine Espino-Barr,^{1*} Manuel Gallardo-Cabello,²
Rubí Anadely Nava-Ortega,¹ Marcos Puente-Gómez¹
y Arturo García-Boa¹**

¹ Instituto Nacional de Pesca
CRIP-Manzanillo
Playa Ventanas s/n, Manzanillo
Colima, México.

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
Av. Ciudad Universitaria 3000, Col. Copilco
México, D. F. (C. P. 04360).

*Correspondence: elespino@gmail.com

Abstract

To know the reproductive cycle of *Scomberomorus sierra*, from January 2003 to March 2004, individuals were monthly obtained in the coast of Colima, Mexico. Individuals were obtained with hand lines, troll and gillnet, which helped obtain different lengths and age groups. Sex ratio was 1:1.03 female: males. Average length of sexual maturity $L_{50} = 54.3$ cm of total length (TL, cm) in both males and females with 3.79 years of age, length of first maturity (L_{25}) for both was 47.3 cm corresponding to 3.08 years of age. The gonadosomatic index was at its maximum values in March and August. The allometric relationship between the liver weight and the fish weight is isometric ($b = 1.004$). Monthly values of the hepatosomatic index are higher in March, May, and November - Decem-

Resumen

Para conocer el ciclo reproductivo de *Scomberomorus sierra*, se colectaron mensualmente individuos en las costas de Colima (México), entre enero de 2003 y marzo de 2004. Los individuos se obtuvieron con líneas de mano, curricán, caña y redes agalleras para obtener individuos de diferentes longitudes y grupos de edad. La proporción de sexos fue de 1: 1.03 hembras: machos. La longitud promedio de la madurez sexual $L_{50} = 54.3$ cm de longitud total (TL, cm) tanto para machos como hembras correspondientes a 3.79 años de edad; la longitud promedio de primera madurez $L_{25} = 47.3$ cm TL para ambos sexos, 3.08 años de edad. El índice gonadosomático alcanza sus máximos valores en marzo y agosto. La relación alométrica entre el peso del hígado y el peso del pez es

ber. The condition factors show two main seasons of wellness. Total fecundity was 416,483 to 4'354,860 oocytes for females of 4 to 15 years old. Relative fecundity was average: 703.7 oocytes·g⁻¹ (312.6 - 1,438.4 oocytes·g⁻¹ in females from 4 to 15 years old). Average oocytes diameter was 0.44 mm (0.34 - 0.59 mm). The species should be protected from fishing from February to May and August to October, and under 50 cm TL.

Keywords

Reproduction length (L_{50}), first maturity length (L_{25}), hepatosomatic index, gonadosomatic index, condition factor.

isométrica ($b = 1.004$). Los valores mensuales del índice hepatosomático son mayores en marzo, mayo, noviembre y diciembre. El índice de repleción gástrica muestra sus valores más altos en enero, marzo, abril, julio-agosto, noviembre-diciembre. Los factores de condición muestran dos épocas principales de mayor gordura. La fecundidad total fue 416,483 a 4'354,860 ovocitos en hembras de 4 a 15 años de edad. La fecundidad relativa promedio fue 703.7 ovocitos·g⁻¹ (312.6 - 1,438.4 ovocitos·g⁻¹ en hembras de 4 a 15 años de edad). El diámetro promedio del ovocito fue 0.44 mm (0.34 - 0.59 mm). La especie debe protegerse de la pesca de febrero a mayo y de agosto a octubre, y organismos de menos de 50 cm TL.

Palabras clave

Longitud de reproducción (L_{50}), longitud de primera madurez (L_{25}), índice hepatosomático, índice gonadosomático, factor de condición.

Introduction

The Pacific sierra *Scomberomorus sierra* Jordan & Starks, 1895, is an epipelagic neritic species which forms schools and spawns close to the coast on the continental shelf. Its entire distribution area goes from South California to Peru, including the Galapagos Islands. It feeds mainly on anchovies and sardines (Collette and Nauen, 1983). Its major captures occur in Mexico, where it is captured by sport fishers and abundant enough to sustain a commercial fishery (Fischer *et al.*, 1995).

Captures of the Pacific sierra in Colima, Mexico, show two marked seasonal periods due to migration: in summer they swim north and in winter they migrate south (Márquez-Millán, 1972). *S. sierra* is more abundant in the coasts of Manzanillo during February and March and from September to November (Chávez-Ruiz, 1986). *S. sierra* is commercially considered a second class species with a price to fishermen from \$3.00 to \$4.00 USD per kilogram.

Studies on its taxonomic description have been done by Castro-Aguirre (1978), Chirichigno *et al.* (1982) and Collette and Nauen (1983). General features of its biology and fisheries are known by the studies of Márquez-Millán (1972), Chávez-Ruiz (1986), Espino-Barr *et al.* (1990) and Aguirre-Villaseñor *et al.* (2006), and an analysis of otolith's shape by Ramírez-Pérez *et al.* (2010).

Although the Pacific sierra is a commercially important species, studies on its reproduction are limited and have been done by Collette and Nauen (1983), Chávez-Ruiz

(1986), Aguirre-Villaseñor *et al.* (2006), Lucano-Ramírez *et al.* (2011) and Vega *et al.* (2013). This is the first study of *S. sierra* reporting data on fecundity of the species.

Studies on reproduction of species are important because length of first maturity and reproduction are calculated and evaluate if the species is captured as an adult or before it has spawned at least once, assuring the recruitment of individuals to the adult population and avoid overexploitation. Likewise, periods of massive spawning are obtained, to formulate fishing closure of banned tables and understand the reproduction phenomena associated to the storing of reserve substances, feeding indexes and fecundity of the species, which also explain their evolutionary success.

According to this, the objective of this paper is to analyze the reproductive cycle of *Scomberomorus sierra* determining: Sex ratio, average length of sexual maturity (L_{50}) and length of first maturity (L_{25}), gonadosomatic index, the relationship between the liver weight and the fish length and weight, hepatosomatic index, gastric repletion index, condition factor of Fulton, Clark and Safran, total and relative fecundity, oocytes diameter and comparison of the results obtained in the present study with those obtained by other authors.

Material and methods

From January 2003 to March 2004, individuals of *S. sierra* were obtained monthly from the commercial captures of the coastal fishery in Manzanillo, Colima, Mexico ($18^{\circ}40'$ to $19^{\circ}10'N$ and $103^{\circ}45'$ to $104^{\circ}35'W$) (figure 1). Total length (TL) and total weight (TW) from 972 organisms were obtained directly *in situ* throughout the study period.

From these, 464 were transported to the laboratory, where total length (TL), total (TW) and eviscerated weight (EW) and sex were registered for each organism. Individuals were captured with hand lines and hooks No. 7-9, troll and gillnet (3.5-4.5 inch mesh size), which helped obtain different lengths and age groups.

Sex and gonad maturation were determined *in visu*, on fresh organisms the same day they were caught. The stages of sexual maturity were determined using the key described in Espino-Barr *et al.* (2008), where:

Phase I: undefined, sexual glands are a fine filament, and females and males cannot be differentiated.

Phase II: Immature, the gonads start developing, ovaries are rose translucent and testes resemble a whitish lace.

Phase III: Maturing, sexual glands are well differentiated. Ovaries look granular, pink-yellowish color, oocytes small and opaque; testes are ivory white.

Phase IV: Mature, sexual glands are well developed, ovaries are rose-orange color, oocytes are big and transparent, and testes are whitish.

Phase V: Spawning, ovaries are brilliant orange color; sexual products are ready to be expelled and are pushed out at the slightest pressure, veins are well developed irrigating the entire gonad; testes are white pearly white, sperm emerges at a light pressure.

Phase VI: Post-spawn, product has been expelled; sexual glands are flaccid, swelled and brownish-grey. Residual oocytes are reabsorbed.

The first spawning TL for males and females was determined by 50% of the accumulative frequency (L_{50}) of stages IV and V of sexual maturation (Sparre and Venema, 1995), and the minimum TL of first spawning (L_{25}) was also recorded to compare with other authors findings (Rodríguez-Gutiérrez, 1992). The logistic function was described by the equation (Gaertner and Laloe, 1986; Sparre and Venema, 1995):

$$H_p = \frac{1}{1 + e^{a+b \cdot L}}$$

Where: H_p = percentage of females or males sexually mature, a and b are constants. Its logarithmic transformation is: $\ln(1/(H_p-1)) = a-b \cdot TL$, and the length at which 50% of the population is sexually mature (L_{50}) corresponds to: $L_{50} = a/b$. The original equation is modified to include L_{50} : $Y = 1/[1 + a(1-TL/L_{50})]$.

To calculate the length of recruitment (L_r) and first capture (L_c), data of all individuals were used, separated by sex. The same analysis of the logistic function was used (Gaertner and Laloe, 1986; Sparre and Venema, 1995).

The gonadosomatic index (GSI) for females and males was calculated according to Rodríguez-Gutiérrez (1992), where gonad weight (GW) is expressed as a function of body weight: $GSI = 100 \cdot GW/TW$ (TW = total weight). As a measure of physical fitness of the fishes, we obtained the condition factor $K = (EW \cdot TL^{-3}) \cdot 100$ (Clark, 1928), $K = (TW \cdot TL^{-3}) \cdot 100$ (Fulton, 1902) and $a = TW \cdot TL^{-b}$ and $a = EW \cdot TL^{-b}$ (Safran, 1992).

The hepatosomatic index (HSI), expressed as the percentage of liver weight (LW) with respect to the total weight $HSI = 100 \cdot LW/TW$ (Rodríguez-Gutiérrez, 1992). Gastric repletion index (GRI) was calculated as $GRI = 100 \cdot SW/TW$, as a measure of the more intense feeding seasons, where SW = stomach weight.

Fecundity (F) and relative fecundity were obtained by the gravimetric method using the wet weight of 42 phase V female gonads of *S. sierra*. To estimate total fecundity, two subsamples of 0.1 g were obtained of each individual and put in a modified Gilson fluid (Simpson, 1951) to preserve. All oocytes were counted with the help of a stereoscopic microscope and measured with a micrometric ocular.

The following expression was used in the calculation: $F = n \cdot GW/g_i$, where F = fecundity of a sample; n = number of oocytes in the subsample; GW = weight of the gonad (grams) and g_i = weight of the subsample (grams) (Holden and Raitt, 1975). The relationship between fecundity and total length and weight was calculated with the formula $F = a \cdot x^b$ where F = fecundity, x = individual weight or length, a = origin ordinate or initial number of oocytes, b = trend or oocyte number changing rate.

The relationships among TL, TW, LW, testis weight (TeW), ovary weight (GW), and fecundity were defined for different ages. Age groups were obtained by sagittal otolith analysis; five age groups of *S. sierra* were established by Gallardo-Cabello *et al.* (2011) and Nava-Ortega *et al.* (2012).

Results

Scomberomorus sierra does not show sexual dimorphism, therefore sex can only be determined by dissecting and observing the gonads. The virgin individuals cannot be determined by simple sight. Ovaries, as in many fish species are cylindrical when females have matured and oocytes can be observed in different tones from yellow to orange. Testes are long and whitish and pearly tones. Table 1 shows average values of the gonad weight (GW, g) for each age group, as well as the length (TL, cm), total weight (TW, g) and eviscerated weight (EW, g), and liver weight (LW, g). Testes are heavier than ovaries from age 5 on; for example, for an individual of 5 years old, the weight of the ovaries is 92.19 g and that of the testis of 103.99 g (table 1).

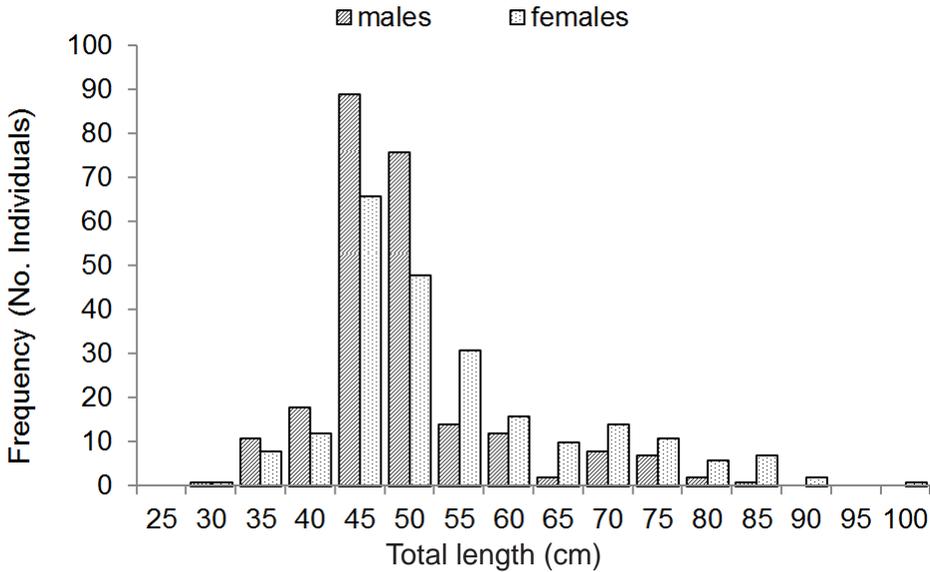
Oocyte diameter was 0.44 mm (± 0.07 mm standard deviation, SD, n = 90), minimum 0.34 mm and maximum 0.59 mm. Fecundity values ranged from 416,483 to 4'354,860 oocytes ($\pm 1'158, 956$ SD, n = 42) in females of four to fifteen years of age and lengths of 56.24 cm to 95.00 cm, and 1,007.51 g to 4,936.62 g of weight (table 1). Average value of the relative fecundity was of 703.7 oocytes·g⁻¹ (ranging from 312.6 to 1,438.4 oocytes·g⁻¹, 320.7 SD, n = 42).

Table 1
Length (TL, cm), total weight (TW, g), eviscerated weight (EW, g),
liver (LW, g), ovary weight (GW, g) and testis weight (TeW, g)
for each age group (years), of *Scomberomorus sierra*.

Age	TL (cm)	TW (g)	EW (g)	LW (g)	GW (g)	TeW (g)	F (eggs) TL	F (eggs) TW
0	1.22	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00		
1	19.44	40.28	34.71	0.29	0.92	0.25		
2	34.29	224.89	196.54	1.57	8.19	4.38		
3	46.38	561.94	494.81	3.89	26.23	20.10		
4	56.24	1,007.51	891.43	6.92	55.09	53.07	416,483	450,591
5	64.26	1,509.66	1,340.20	10.31	92.19	103.99	756,830	789,043
6	70.80	2,025.06	1,802.10	13.78	133.77	169.49	1'167,878	1'185,275
7	76.13	2,523.06	2,249.34	17.12	176.89	244.31	1'615,970	1'607,351
8	80.47	2,984.71	2,664.60	20.21	219.00	323.08	2'071,169	2'028,667
9	84.00	3,400.16	3,038.76	22.99	258.45	401.28	2'510,774	2'430,077
10	86.88	3,765.93	3,368.49	25.43	294.28	475.60	2'919,748	2'799,590
11	89.23	4,082.69	3,654.26	27.54	326.09	543.97	3'289,647	3'131,026
12	91.14	4,353.56	3,898.77	29.34	353.83	605.31	3'617,048	3'422,448
13	92.70	4,582.93	4,105.91	30.87	377.69	659.27	3'902,006	3'674,758
14	93.97	4,775.65	4,280.03	32.15	397.99	706.02	4'146,780	3'890,573
15	95.00	4,936.62	4,425.50	33.22	415.11	746.04	4'354,860	4'073,413

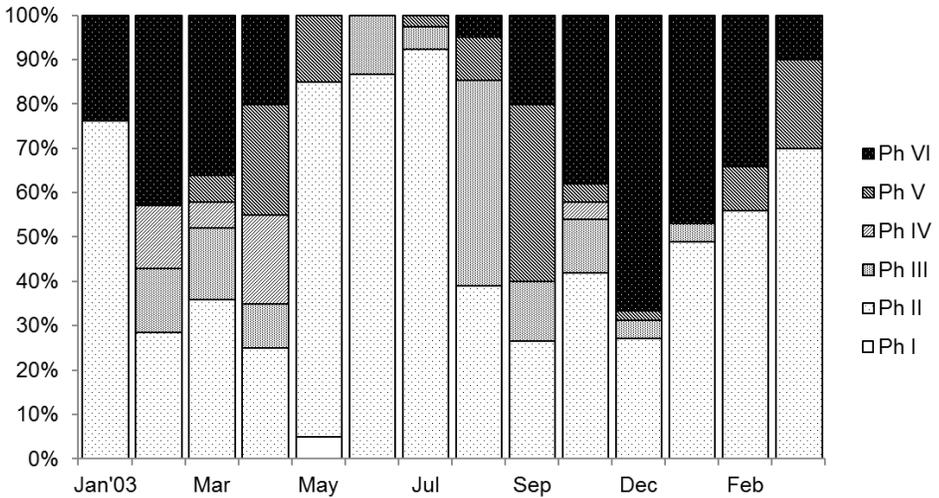
Sample size was of 476 organisms of *S. sierra* of which 233 (48.95%) were females, and 242 (50.84%) males, and 1 (0.20%) undetermined. The proportion of female: male was 1: 1.03 ($X^2 = 0.827$, $p > 0.10$). Lengths went from 30 to 97 cm (average 49.6 cm, ± 11.3 SD), but females were bigger (30 to 97 cm, average 52.2 cm, ± 12.7 SD), than males (30 to 83 cm, average 47.2 cm ± 9.0 SD) (figure 1).

Figure 1
Length distribution of *Scomberomorus sierra*.



Monthly variations of the relative frequency of gonad maturity phases (figure 2) show that phase II or immature reaches its higher values from May to July, and January to March. Phase III was more abundant during August 2003 (46.34 %), showing values between 10% and 16% in the months of February to April, September to November. Phase IV, mature, the higher values are observed from February to and April. Phase V or spawning stage: spawning occurs in the months of March to May, and August to November. High values were also observed in February. Phase VI, post-spawning was observed in its highest values in January to April and a second period in September to December, but most months showed post-spawned organisms. These data assume two spawning seasons throughout the year.

Figure 2
Monthly relation of gonad maturity in *Scomberomorus sierra*.



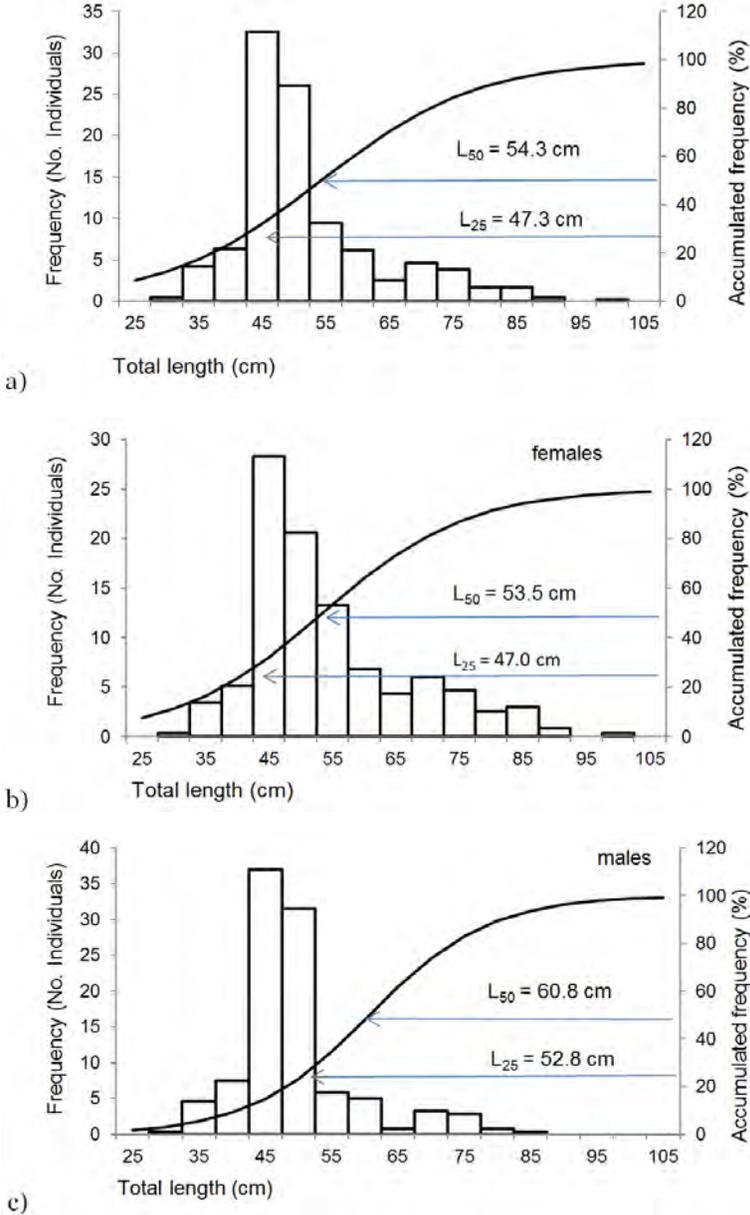
Length of first maturity was $L_{25} = 47.30$ cm and first reproduction length was $L_{50} = 54.30$ cm for the specie (table 2, figure 3a) corresponding to three years of age. For females, the values were: $L_{25} = 47.0$ cm and $L_{50} = 53.5$ (figure 3b), and in males $L_{25} = 52.80$ cm and $L_{50} = 60.7$ cm in males (figure 3c).

Table 2
Length (TL), weight (TW) and age of *Scomberomorus sierra* at recruitment (L_r), first capture (L_c), first maturity (L_{25}) and reproduction (L_{50}).

	TL (cm)	TW (g)	age (years)
L_r	43.15	451.40	2.71
L_c	46.00	548.00	2.97
Both sexes			
L_{25}	47.30	596.30	3.08
L_{50}	54.30	906.00	3.79
Females			
L_{25}	47.00	584.90	3.06
L_{50}	53.50	866.20	3.70
Males			
L_{25}	52.80	829.90	3.62
L_{50}	60.70	1273.00	4.54

Figure 3

First maturity length (L_{25}) and first reproduction length (L_{50}) of
 a) all individuals of the species, b) females and c) males of *Scomberomorus sierra*.



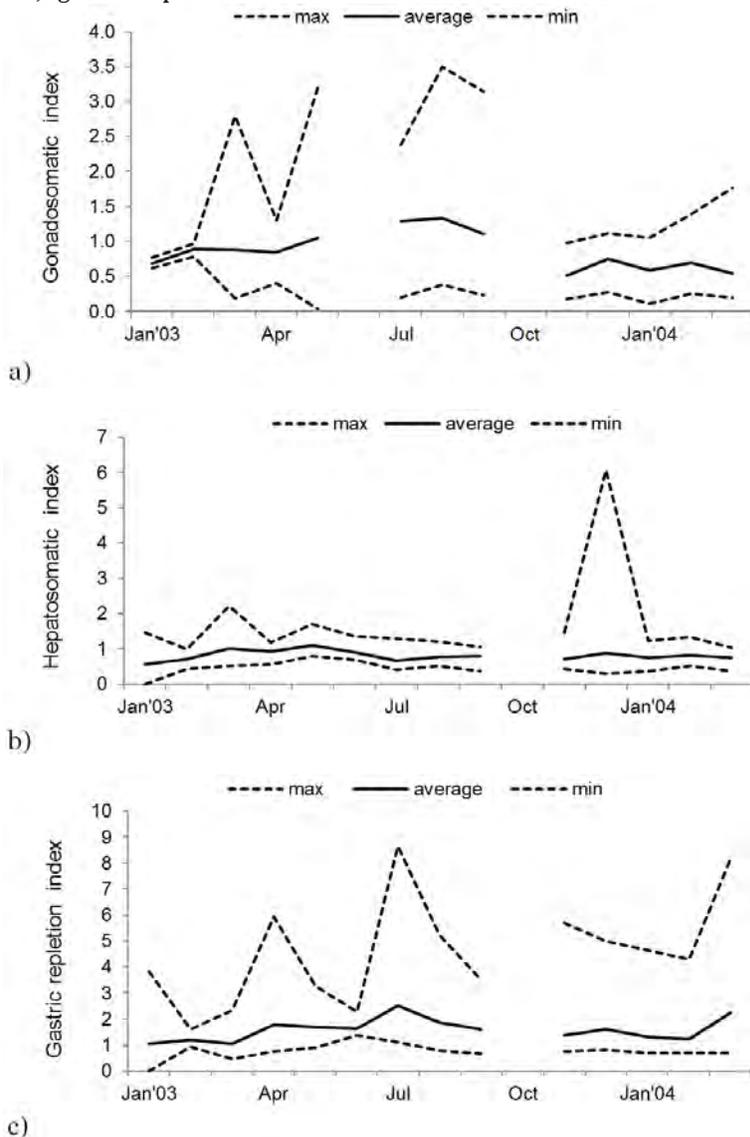
The gonadosomatic index (GSI) reaches its highest values during March, May, July, August and September, and decreases in November (figure 4a).

The allometric relationship between the liver weight and total weight of the organism obtained in the present study was ($LW = 0.008 \cdot TW^{1.004}$, $r^2 = 0.847$). The allometric index b indicates that the liver grows in the same proportion ($b = 1.004$, $t = 0.241$, $p > 0.05$) in terms of the organism weight, which results in an isometric growth of the fish, incrementing its fatty reserves as it ages in the same proportion. But there are changes throughout the year: HSI variations show higher values during March, May, November, December 2003 and February 2004. Lower values are observed during February, April, September 2003 and March 2004 (figure 4b).

Variations in the gastric repletion index (figure 4c), showed higher values during January, March, April, July, August, November and December 2003 and March 2004; lower values are observed in February, April, September 2003 and March 2004, meaning there are changes in the food availability, therefore changes in the body indexes.

Figure 4

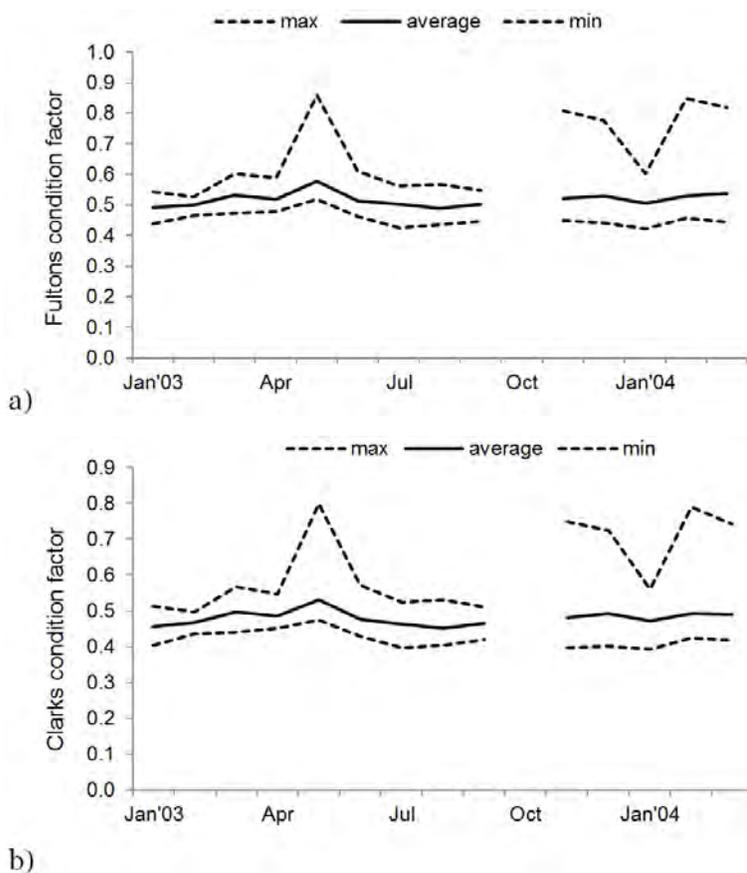
Monthly variation of a) the gonadosomatic index, b) hepatosomatic index, and c) gastric repletion index all individuals of *Scomberomorus sierra*.



The condition factor values calculated with Fulton's equation are higher during the months of March, May, June, November and December 2003 and January, February and March 2004 (figure 5a). The condition factor values obtained with Clark's equation are higher during the months of May, November, December of 2003 and February and March 2004 (figure 5b).

Figure 5

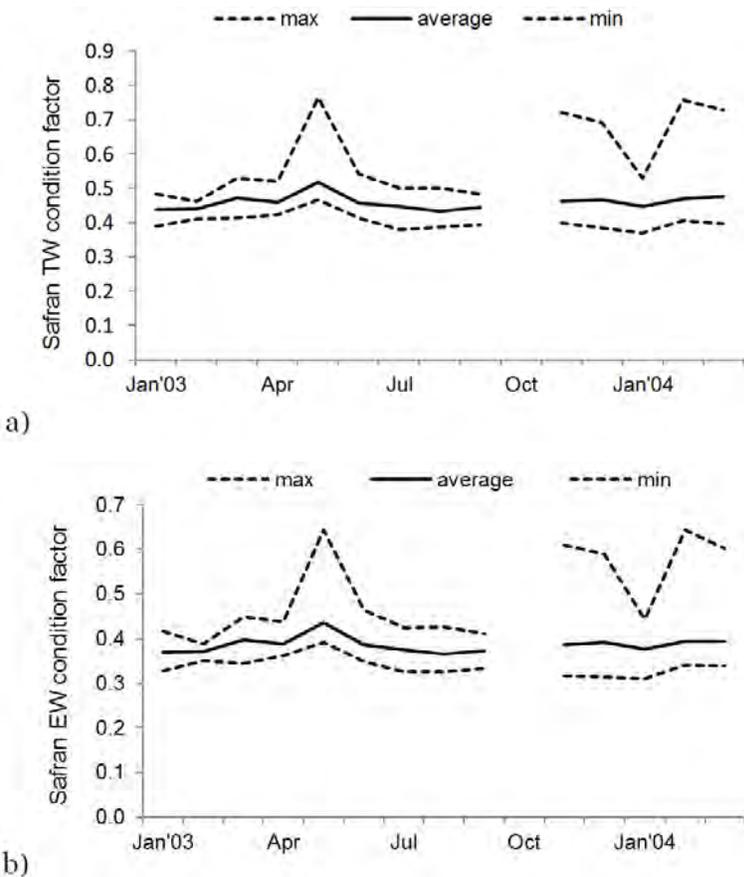
Monthly values of the relative condition factor:
 a) by the method of Fulton (1902), b) by the method of Clark (1928),
 of all individuals of *Scomberomorus sierra*.



The condition factor for total weight and eviscerated weight obtained by Safran's method reached its higher values during May, November and December 2003 and February and March 2004 (figure 6).

Figure 6

Monthly values of the relative condition factor of all individuals of *Scomberomorus sierra*: a) Safran's method with total weight, b) Safran's method with eviscerated weight.



Discussion

The highest values of the length growth rate of *Scomberomorus sierra* are in groups one to three years of age, where the lengths are from 18.22 in group 0 to 1, 14.85 cm from group of age 1 to 2, and 12.09 cm in group of age 2 to 3, obtained by difference of the length, observed in table 1. This means that from age 3 on the gonadal maturity begins and the growth rate values in length diminish; the growth rate in total weight, eviscerated weight, ovary weight, testis weight and the fatty reserve index start rising up.

Therefore, the highest increments in length of *S. sierra* occurs before the sexual maturity, period in which most part of the energy goes to the growth in length, to lessen the predators attacks and intraspecific competence (Nikolsky, 1963; Gallardo-Cabello *et al.*, 2015; Espino-Barr *et al.*, 2016).

Later, once the sexual maturity has begun, the energy is focused in the production of the sexual products, in the reproduction, to assure recruitment of new individuals to the area (Gallardo-Cabello *et al.*, 2015, 2016; Espino-Barr *et al.*, 2008, 2015). In our case, analyzed data come from the fishery, which means that the sample was taken during the migration in front of the coast of Jalisco and Colima.

In the coasts of Jalisco and Colima, *S. sierra* presents two periods of massive reproduction: from February to May and from August to October (table 3). The second period is similar to that reported in the Gulf of Nicoya by Collette and Nauen (1983). The first period described in our study coincides partially in August and September by that reported for Colombia (Collette and Nauen, 1983).

Similarly, data reported for Mexico by these authors are comparable with those found in this analysis for the months of August and September (Collette and Nauen, 1983). Likewise, in the Central Mexican Pacific, our results are similar to those reported by Lucano-Ramírez *et al.* (2011) in the months of April and May. In the State of Sinaloa this coincides with the month of May (Aguirre-Villaseñor *et al.*, 2006). Vega *et al.* (2013) reported in the Gulf of Montijo, Panama, similar data that coincides with the reports for February to April. Differences can probably be associated with environmental conditions.

Table 3
Spawning seasons and first maturity (L_{25})
and reproduction (L_{50}) lengths of *Scomberomorus sierra*.

Country	Spawning season	L_{25} (cm)	L_{50} (cm)	Author
Mexico	Jul - Sep			Collette & Nauen (1983)
Sinaloa, Mexico	May, Jun		52.10	Aguirre-Villaseñor <i>et al.</i> (2006)
Central Mexican Pacific	Apr - Jun		56.40 m 59.30 f	Lucano-Ramírez <i>et al.</i> (2011)
Colima, Mexico	Oct - Dec			Chávez-Ruiz (1986)
Colima, Mexico	Feb - May Aug- Oct	47.30	54.30	This study
Golfo de Montijo, Panamá	Dec - Apr		46.87	Vega <i>et al.</i> (2013)
Gulf of Nicoya, Costa Rica	Aug - Nov			Collette & Nauen (1983)
Colombia	Nov - Apr	26.00	32.00	Collette & Nauen (1983)

Note: m = males, f = females.

Length of first maturity in Colombia was of 26.00 cm and the first reproduction of 32.00 cm reported by Collette and Nauen (1983), which are inferior to those found in this study (table 3). Similar values as our findings were published by Lucano-Ramírez *et al.* (2011), with a length of first reproduction $L_{50} = 56.40$ cm for males and $L_{50} =$

59.30 cm for females (in our analysis males were $L_{50} = 60.70$ cm, and females $L_{50} = 53.50$ cm).

Aguirre-Villaseñor *et al.* (2006) reported a value of $L_{50} = 52.10$ cm, close to ours. Vega *et al.* (2013) obtained a value of $L_{50} = 46.87$ cm, similar to that obtained in this study. Differences in the results are related to the sample; in some places fishing has a higher pressure than in other, so the older individuals are not present any more.

The gastric repletion index indicates that there are months in which feeding is more active, due to the availability of food, of which the fish take advantage, preparing for the gonadic maturation.

The use of several condition factor indexes allows comparing results between total weights and eviscerated weight of fish, also between the cubic parameter and the one obtained in the weight-length relationship with data of this study. In this analysis these indexes have a similar trend, which reinforces the results that there are two seasons in which the body is heavier compared to the body size.

Regarding other species of the *Scomberomorus* genus, it was observed that in *S. concolor* there are two massive spawning periods: a more intense in May and another less intense in September (Montemayor-López and Cisneros-Mata, 2000). Periods which are similar to those reported in this paper.

Table 4 shows fecundity values of other species of the genus *Scomberomorus* present in the Atlantic Ocean. *S. regalis* and *S. maculatus* show values of fecundity lower to those found in our study. *S. regalis* showed values of 160,000 to 2'230,000 oocytes in the Oriental Atlantic, according to Collette and Nauen (1983), and 161,000 to 2'234,000 oocytes South of Florida according to Finucane and Collins (1984).

In the case of *S. maculatus* values of minimum 28,300 were observed in the Mississippi Delta, US (Finucane *et al.*, 1986), and a maximum of 2'113,000 oocytes in the Northeast of Florida, US (Finucane *et al.*, 1986).

Table 4
Fecundity equations, number of oocytes (minimum and maximum) of species of the *Scomberomorus* genus.

Species	Zone	Fecundity equation	Number of oocytes (min-max)	Length	Authors
<i>S. sierra</i>	Central Mexican Pacific	$F = 0.006 \cdot TL^{4.4767}$	416,483 – 4'354,860	56.24 - 95.00 cm TL	This study
<i>S. sierra</i>	Central Mexican Pacific	$F = 31.123 \cdot TW^{1.3854}$	450,591 – 4'073,413	1007.51 - 4,936.62 g TW	This study
<i>S. cavalla</i>	West Atlantic, US	$F = 1.854 \cdot 10' (TW)^{1.361}$	69,264 – 12'206,8880	44.6 - 148.9 cm FL	Finucane <i>et al.</i> (1986)
<i>S. cavalla</i>	Northeastern Brazil		345,000 – 2'280,000		Collette and Nauen (1983)
<i>S. cavalla</i>	W. Gulf of Mexico, Mexico		159,800		Rickman <i>et al.</i> (2000)
<i>S. cavalla</i>	Louisiana and Mississippi, US	$F = 0.0000009973 \cdot FL^{4.175}$	69,264 – 12'206,888		Finucane <i>et al.</i> (1986)
<i>S. cavalla</i>	North and South Carolina, US		969,206 – 6'102,347		Finucane <i>et al.</i> (1986)
<i>S. cavalla</i>	Northwest Florida, US	$F = 0.0000001918 \cdot FL^{4.455}$	160,722 – 8'070,585		Finucane <i>et al.</i> (1986)
<i>S. cavalla</i>	Texas, US	$F = 0.0000008816 \cdot FL^{4.206}$	185,608 – 4'183,921		Finucane <i>et al.</i> (1986)
<i>S. maculatus</i>	Mississippi Delta, US	$F = 16.3 \cdot FL^{2.093}$	28,3000 – 1'301,000	31.2 - 56.7 cm FL	Finucane (1986)
<i>S. maculatus</i>	Northwest Florida, US	$F = 0.000007365 \cdot FL^{4.098}$	100,000 – 2'113,000	32.8 – 62.6 cm FL	Finucane (1986)
<i>S. maculatus</i>	Off Georgia-Carolinas, US	$F = 0.00001685 \cdot FL^{3.915}$	129,000 – 1'161,000	33 - 54.6 cm FL	Finucane (1986)
<i>S. maculatus</i>	Southeast Florida, US	$F = 0.01027 \cdot FL^{2.863}$	194,000 – 1'491,000	35.4 – 66.4 cm FL	Finucane (1986)
<i>S. regalis</i>	Western Atlantic, US		160,000 – 2'230,000	38 – 80 cm FL	Collette and Nauen (1983)
<i>S. regalis</i>	South Florida, US		161,000 – 2'234,000	38 - 80 cm FL	Finucane and Collins (1984)

As for *S. cavalla* of the Northeast of Brazil, the observed values of fecundity were lower than those of *S. sierra*, 345,000 to 2'280,000 oocytes (Collette and Nauen, 1983), the same occurred in Texas, US, where *S. cavalla* showed values of 185,608 to 4'183,921 oocytes (Finucane *et al.*, 1986).

On the other hand, Southeast of US, North and South Carolina, *S. cavalla* reaches maximum values higher than *S. sierra*: 6'102,347 oocytes, 8'070,585 oocytes Northwest of Florida US, 12'206,888 oocytes in Louisiana and Mississippi US, and 12'207,000 oocytes Southeast of US (Finucane *et al.*, 1986).

Conclusions

According to these analyses, we conclude that two ban seasons should be implemented: May and September, so mature organisms can complete their reproduction process and the newborn organisms during these periods can recruit to the growth area, assuring an increment of the population biomass for the next fishing seasons.

Acknowledgement

We want to express our gratefulness to fishermen who kindly give us always their wisdom and help collect the samples.

References

- Aguirre-Villaseñor, H.; Morales-Bojórquez, E.; Morán-Angulo, R. E.; Madrid-Vera, J. and Valdez-Pineda, M. C. (2006). Biological indicators for the Pacific sierra (*Scomberomorus sierra*) fishery in the southern Gulf of California, Mexico. *Ciencias Marinas* 32(3): 471-484.
- Castro-Aguirre, J. L. (1978). *Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos y ecológicos*. Depto. Pesca. INP, México. Serie Científica 19. 298 pp.
- Chávez-Ruiz, E. J. (1986). *Análisis preliminar biológico-pesquero de la sierra, Scomberomorus sierra, Jordan y Starkes 1895, en la Bahía de Manzanillo, Colima*. Tesis de licenciatura, ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 52 pp.
- Chirichigno, N.; Fischer, W. and Nauen, C. E. (1982). *INFOPESCA. Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina*. Parte 2. Pacífico Centro y Suroriental. Roma FAO/PNUD, SIC/82/2: 588 pp.
- Clark, F. (1928). The weight-length relationship of the Californian sardine (*Sardina coerulea*) at San Pedro. *Fish. Bull. U.S.* 12: 22-44.
- Collette, B. B. and Nauen, C. E. (1983). *Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date*. FAO Species Catalogue. Rome 125(2): 137 pp.
- Espino-Barr, E.; Cruz-Romero, M. y García-Boa, A. (1990). Biología pesquera de tres especies de la familia Scombridae en el litoral de Colima, México. In: Dailey, M. and Bertsch, H. (Ed.). *Memorias del VIII Simposium de Biología Marina*. Ensenada, México. pp. 65-74.
- Espino-Barr, E.; González-Vega, A.; Santana-Hernández, H. y González-Vega, H. (2008). *Manual de biología pesquera*. Universidad Autónoma de Nayarit. ISBN 968-833-076-0, 168 pp.
- Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M.; Cabral-Solís, E. G.; Puente-Gómez, M. and García-Boa, A. (2015). Reproduction of *Gerres cinereus* (Percoidei: Gerreidae) off the Mexican Pacific coast. *Revista Ciencias Marinas y Costeras* 7:83-98.

- Espino-Barr, E., Gallardo-Cabello, M.; Puente-Gómez, M. and García-Boa, A. (2016). Reproduction of *Mugil cephalus* (Percoidei: Mugilidae) off the Central Mexican Pacific Coast. *Fisheries and Aquaculture Journal* 7(4): 1-9.
- Finucane, J. H. (1986). Reproduction of Spanish Mackerel, *Scomberomorus maculatus*, from the south-eastern United States. *Northeast Gulf Sci.* 8(2): 97-106.
- Finucane, J. H. and Collins, L. A. (1984). Reproductive biology of Cero, *Scomberomorus regalis*, from the coastal waters of South Florida. *NE Gulf Science* 7 (1): 101-107.
- Finucane, J. H.; Collins, L. A.; Brusher, H. A. and Saloman, C. H. (1986). Reproductive biology of King Mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the Southeastern United States. *Fishery Bulletin* 84(4): 841-850.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneides, W.; Sommer, C.; Carpenter, K. E. y Niem, U. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental*. Vertebrados Vols. II y III, Roma, FAO, pp. 644-1813.
- Fulton, T. W. (1902). The rate of growth of fishes. 20th Annual Report of the Fishery Board of Scotland 3: 326-446.
- Gaertner, D. and Laloe, F. (1986). Etude biometrique de la taille a'premier maturité sexuelle de Geryon maritae, Maning et Holthuis, 1981 de Senegal. *Oceanologica Acta* 9(4): 479-487.
- Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.; Nava-Ortega, R. A.; García-Boa, A.; Cabral-Solís, E. G. and Puente-Gómez, M. (2011). Analysis of the otoliths of Sagitta, Asteriscus and Lapillus of Pacific Sierra *Scomberomorus sierra* (Pisces: Scombridae) in the coast of Colima México. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 6(4): 390-403.
- Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.; García-Boa, A.; Puente-Gómez, M. and Cabral-Solís, E. G. (2015). Fishery analysis of *Diapterus brevirostris* in the central Mexican Pacific. *Avances en Investigación Agropecuaria* 19(1): 77-93.
- Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.; García-Boa, A.; Puente-Gómez, M. and Cabral-Solís, E. G. (2015). Reproduction of *Diapterus brevirostris* (Percoidei: Gerreidae) in the Mexican Pacific coast. *Global Journal of Fisheries and Aquaculture. Science Research Journals* 3(5): 221-229.
- Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.; García-Boa, A. and Puente-Gómez, M. (2016). Fishery analysis of *Mugil cephalus* in Central Mexican Pacific coast. *Journal of Marine Biology & Oceanography* 5:1. doi:10.4172/2324-8661.1000151.
- Holden, M. J. and Raitt, D. F. S. (1975). *Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2.- Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. ONU/FAO. Doc. Tec. sobre pesca. No. 115. Rev. 1. 207 pp.
- Lucano-Ramírez, G.; Ruíz-Ramírez, S.; Palomera-Sánchez, F. I. y González-Sansón, G. (2011). Biología reproductiva de la sierra *Scomberomorus sierra* (Pisces, Scombridae) en el Pacífico Central de México. *Ciencias Marinas* 37(3): 249-260.
- Márquez-Millán, R. (1972). Sierra del Pacífico. Unidades de producción. 171-182. *Diagnóstico de la situación actual de las pesquerías de México*. Programa de Investigaciones y Fomento Pesquero. México/ PNUD/FAO. SC/Depto. Pesca, INP, 685 pp.
- Montemayor-López, G. y Cisneros-Mata, M. A. (2000). Sierra del Golfo de California. In: *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*. INAPESCA-SEMARNAP. p. 250-274.
- Nava-Ortega, R. A.; Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M.; García-Boa, A.; Puente-Gómez, M. and Cabral-Solís, E. G. (2012). Growth analysis of the Pacific Sierra *Scomberomorus sierra* in Colima, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47(2): 273-281.
- Nikolsky, G. V. (1963). *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London, 351 pp.
- Ramírez-Pérez, J. S.; Quiñónez-Velázquez, C.; García-Rodríguez, F. J.; Félix-Uranga, R. and Melo-Barrera, F. N. (2010). Using the shape of sagittal otoliths in the discrimination of phenotypic stocks in *Scomberomorus sierra* (Jordan & Starks, 1895). *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 5(2): 82-93.
- Rickman, S. J.; Dulvy, N. K.; Jennings, S. and Reynolds, J. D. (2000). Recruitment variation related to fecundity in marine fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 116-124.
- Rodríguez-Gutiérrez, M. (1992). *Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces*. AGT Ed. 79 pp.

- Safran, P. (1992). Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Mar. Biol.* 112: 545-551.
- Simpson, A.C. (1951). The fecundity of the Plaice. *Fishery Investigations* London, Serie 2, 18(5): 1-27.
- Sparre, P. and Venema, S. C. (1995). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Parte 1 - Manual. FAO Doc. Téc. de Pesca 306/1. Roma, 420 pp.
- Vega, A. J.; Quezada, G. F. and Robles P. Y. A. (2013). Aspectos biológicos y pesqueros se *Scomberomorus sierra* (Perciformes: Scombridae) en el Golfo de Montijo, Pacífico de Panamá. *Tecnociencia* 15(2): 53-70.

Recepción: 13 de enero de 2017
Envío arbitraje: 18 de enero de 2017
Dictamen: 19 de febrero de 2017
Aceptado: 17 de marzo de 2017

Uso, producción y calidad nutricional del lactosuero en la región central de Chiapas

Use, production and nutritional quality of whey milk
in the central region of Chiapas

**César Octavio Vázquez Esnoval,^{1*} René Pinto Ruiz,²
Rafael Rodríguez Hernández,³ Jesús Carmona de la Torre⁴
y Adrián Gómez de Jesús⁵**

¹Estudiante de la Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la UN.A.CH., Villaflores, Chiapas (México).

²Cuerpo Académico en Agroforestería Pecuaria Facultad de Ciencias Agronómicas. UN.A.CH. Villaflores, Chiapas (México).

³Instituto de Ciencia Animal (ICA) Mayabeque, Cuba.

⁴ECOSUR

San Cristóbal de las Casas, Chiapas (México).

⁵Cátedras-CONACYT y Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la UN.A.CH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (México).

*Correspondencia: mvzcesarvazquez@hotmail.com

Resumen

Con el propósito de evaluar la incorporación del lactosuero en la alimentación de bovinos, se realizó un diagnóstico de uso y producción de este subproducto de la quesería; se aplicó una encuesta estructurada, la cual se aplicó a 56 empresarios de la Frailesca, Chiapas (México); en los municipios de Villaflores, Villa Corzo y La Concordia. Paralelamente, se realizó un estudio bromatológico en el laboratorio de El Colegio de la Frontera Sur, en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Los resultados indican que el municipio de Villa Corzo es el mayor productor en la región, con aproximadamente 54,000 L de lactosuero por día; que representa el 50% de la producción regional; aunque

Abstract

With the purpose of evaluating the incorporation of whey on cattle feed, a diagnosis of use and production of this subproduct of dairy was realized, a structured survey was conducted, which was applied to 56 entrepreneurs from Frailesca, Chiapas, from the municipalities of Villaflores, Villa Corzo and La Concordia, a parallel study was conducted in bromatology in the ECOSUR laboratories in San Cristobal de las Casas, Chiapas. The results indicate that, the municipality of Villa Corzo is the largest producer of whey in the region, with about 54,000 L of whey per day, representing 50% of the regional production, although daily output could reach 106,000 L daily considering

la producción diaria equivale a los 106,000 L diarios, considerando la cantidad de leche que utilizan para su elaboración. La mayor cantidad de lactosuero se deriva de la elaboración de queso-crema y queso. Los principales usos del lactosuero son: la alimentación de cerdos y la fabricación de requesón; sin embargo, la mayor cantidad es desechada y se depositan en afluentes de ríos, arroyos y lagunas, o directamente se vierte a la alcantarilla. La calidad nutricional del lactosuero es baja en niveles de proteína cruda y muy elevada en términos de humedad. Se concluye que en la región Frailesca es desechado al ambiente un 56% del lactosuero; y aunque su contenido proteico es bajo, la disponibilidad del mismo lo perfila como alimento potencial en la alimentación animal.

Palabras clave

Suplemento, ganadería tropical, desecho industrial, leche.

the amount of milk used for processing. Most whey is derived from the production of cheese and cream cheese. The main uses of whey are feeding pigs; making cottage cheese; however the greatest amount is discarded and deposited into tributaries of rivers, streams and lakes, or directly poured into the sewer. The nutritional quality of the whey is low in crude protein levels and really high in terms of humidity. It is concluded that in the Region Frailesca 56% of whey is discarded on the environment and even though it is low in protein content, the availability of it profiles it as a potential alternative in animal feed.

Keywords

Supplement, tropical livestock, industrial waste.

Introducción

El lactosuero es un líquido remanente de la coagulación de la leche durante la elaboración de quesos. De color amarillo verdoso, transparente, de sabor ácido agradable, se obtiene tras la separación de proteínas (caseína) y de la grasa. Es uno de los subproductos alimentarios más ricos de la naturaleza, pues contiene todos los aminoácidos esenciales; es de fácil digestibilidad, tiene cantidades apreciables de lactosa, grasas, vitaminas A, C, D, E y del complejo B, así como minerales, tales como: calcio, fósforo, potasio e hierro (Miranda *et al.*, 2009).

Se estima que en Chiapas se producen diariamente un millón de litros de leche y se calcula que el 60% de este volumen es utilizado en la elaboración de quesos, en cuyo proceso se derivan, aproximadamente, 510,000 litros diarios de lactosuero que podrían ser aprovechados (Ochoa, 2013). Un estudio preliminar indica que el lactosuero es utilizado de manera incipiente en los sistemas porcinos de traspatio; pero la mayor proporción lo desechan junto con las aguas residuales, contribuyendo a la contaminación de mantos freáticos (Hernández, 2015).

En la región Frailesca, localizada en el centro de Chiapas, se desconoce la cantidad diaria que se produce de lactosuero, así como el uso y calidad del mismo, a pesar de que dicha región es reconocida como la más importante productora de queso; lo que conlleva a suponer que la producción de lactosuero también lo es, pero no hay información que verifique tal suposición.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en conocer la producción, uso y calidad nutricional del lactosuero obtenido en la industria regional, con la finalidad de conocer el potencial de su uso en la alimentación animal.

Materiales y métodos

Características del área de estudio

La región socioeconómica VI Frailesca —según el Marco Geoestadístico 2014 que publica el INEGI— tiene una superficie de 8,001.43 km² y se integra por seis municipios localizados en la parte suroeste del estado. Colinda, al norte, con las Regiones I Metropolitana y IV De Los Llanos; al este, con la Región XI Sierra Mariscal; al sur, con la Región IX Istmo Costa; y al oeste, con la Región II Valles Zoque. La cabecera regional es la ciudad de Villaflores.

Se ubica dentro de las provincias fisiográficas que se reconocen como Sierra Madre de Chiapas y Depresión Central. Dentro de las dos provincias fisiográficas de la región se reconocen seis formas del relieve sobre las cuales se apoya la descripción del medio físico y cultural del territorio regional.

Los climas representativos de la región constituyen: el templado húmedo en las partes altas de la Sierra Madre; el templado subhúmedo en la parte media de las faldas de la misma cadena montañosa; el semicálido y el cálido subhúmedo que se localizan en las semiplanicies.

La precipitación media anual es de 1,100 mm con una estación lluviosa de fines de mayo hasta principios de octubre; la temperatura media anual es de 25°C, con una mínima de 18.30°C y, los vientos dominantes proceden del Noroeste (INEGI, 2014).

En Chiapas, la ganadería sigue siendo —con la agricultura— una actividad socioeconómica primordial. La entidad cuenta con un inventario ganadero de unos dos millones de cabezas; básicamente, de vacas doble propósito (carne/leche) procedentes de la cruce de ganado europeo (Pardo Suiza y algo de Holstein con razas Cebuinas), que producen por año, aproximadamente, 365 millones de litros de leche (en promedio, cerca de un millón de litros/día). De ese total de leche, casi el 60% es industrializada por micro y pequeñas empresas queseras; un 30% por empresas grandes; y un 10% se comercializa para consumo directo (Hernández *et al.*, 2010). Particularmente, la costa de Chiapas se ha mantenido durante décadas como un área ganadera muy dinámica; cuenta con el 15% del hato estatal y aporta cerca del 30 por ciento del volumen de leche de la entidad (Pomeon *et al.*, 2009).

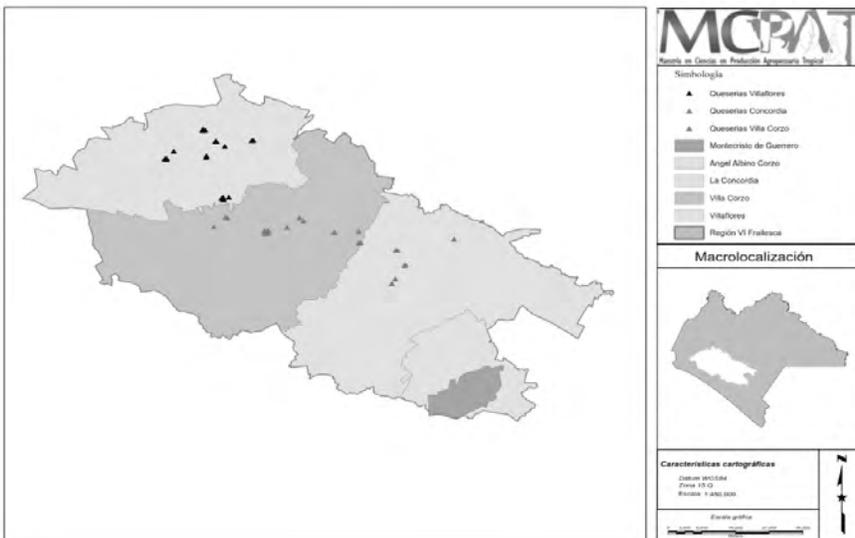
La producción de queso en Chiapas se lleva a cabo en diferentes regiones del estado; se han identificado claramente las siguientes: Costa, Frailesca-Centro, Norte y Ocosingo. No obstante de que, por volumen de leche transformada, el queso-crema es superado por el queso tipo Cotija y el quesillo. El queso-crema reviste una gran importancia, porque es elaborado por un vasto número de pequeñas queserías, en la economía formal e informal, dispersas en las regiones mencionadas. Tan sólo en la Frailesca-Centro, Pomeon *et al.* (2009) estimaron la existencia de 50 a 150 queseros, que elaboran uno o más tipos de queso.

El perfil de la industria quesera se caracteriza, en general, por transformar bajos volúmenes de leche cruda (desde unos 100 L/día hasta más de 1000 L/día) y operar con tecnología artesanal, con base en conocimiento tradicional; aunque hoy en día ya se experimenta una innovación tecnológica en varios aspectos; entre ellos: el empleo de ingredientes no-lácteos que favorecen la adulteración del queso original, pero que constituye una respuesta al mercado.

Diagnóstico sobre el uso y producción de lactosuero

El estudio se realizó con base en una encuesta como fuente de recolección de datos; la encuesta fue de tipo estructurada y dirigida con preguntas abiertas, la cual fue realizada a 56 queserías de la región Frailesca, del estado de Chiapas; específicamente, en los municipios de Villaflores (24 encuestas), Villa Corzo (22 encuestas) y La Concordia (10 encuestas). Esto, en base a una lista proporcionada por la Secretaría de Salud de la región, la cual se encarga de verificar el buen funcionamiento de las mismas (figura 1).

Figura 1
Ubicación de las queserías encuestadas en los diferentes municipios de la región Frailesca, en el estado de Chiapas.



Las encuestas se realizaron durante los meses de diciembre de 2015 y enero de 2016, en los municipios antes mencionados. A través de la encuesta se recolectó información de las queserías, como: nombre, dueño y ubicación; y en cuanto a la producción: días que laboran, litros de leche que utilizan al día, tipos de queso que elaboran, cuánto lactosuero producen al día, qué utilidad le dan al lactosuero, y si el productor conoce la

calidad nutricional del lactosuero. Todo esto, para conocer el uso y producción del lactosuero en la región.

Composición química del lactosuero

Para conocer la calidad nutricional del lactosuero se recolectaron muestras de las 56 que- serías encuestadas; las cuales fueron recolectadas en los meses de enero y febrero de 2016. Éstas fueron envasadas y refrigeradas para su posterior análisis. Cada muestra fue analiza- da por triplicado y las medias fueron evaluadas utilizando la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los análisis fueron realizados en el laboratorio institucional de bromatología del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), en San Cristóbal de las Casas, Chiapas (cuadro 1).

Cuadro 1
Técnicas utilizadas para determinar las variables químicas evaluadas.*

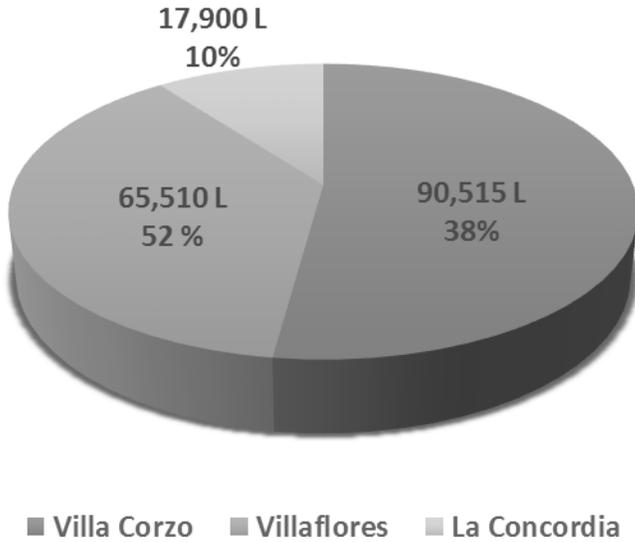
Parámetro	Método
pH	Potenciómetro
Humedad	Por pérdida al secado
Grasa	Butirómetro
Cenizas	Incineración a 550°C
Energía calorífica	Combustión cerrada con presencia de oxígeno en bomba calorimétrica PARR
Proteína cruda	Micro Kjeldahl
Sólidos totales	Por pérdida al secado en estufa a 100°C

*NOTA: siguiendo las recomendaciones de la AOAC (1990).

Resultados

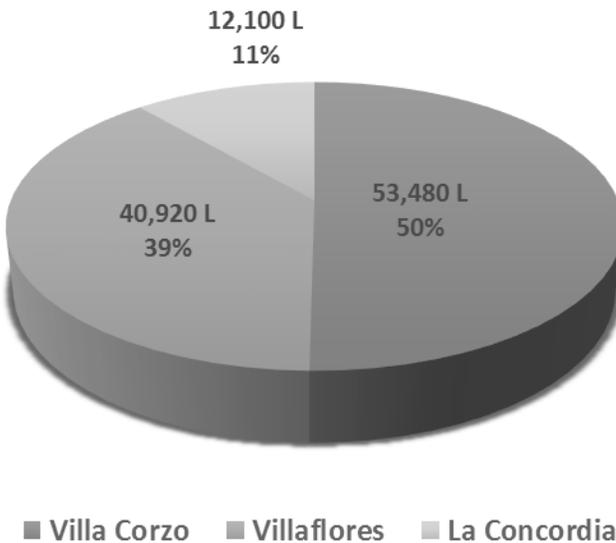
Diariamente, los diversos productores de queso de la región, utilizan 173,565 L de leche para la elaboración de quesos; los cuales producen ellos mismos o compran con diversos productores de la misma región. Villa Corzo es el que más litros de leche utiliza al día, con 90,515 L, seguido de Villaflores con 65,150 L y La Concordia con 17,900 L (figura 2).

Figura 2
Utilización de leche por día en la región Frailesca, Chiapas (México), para la producción de queso.



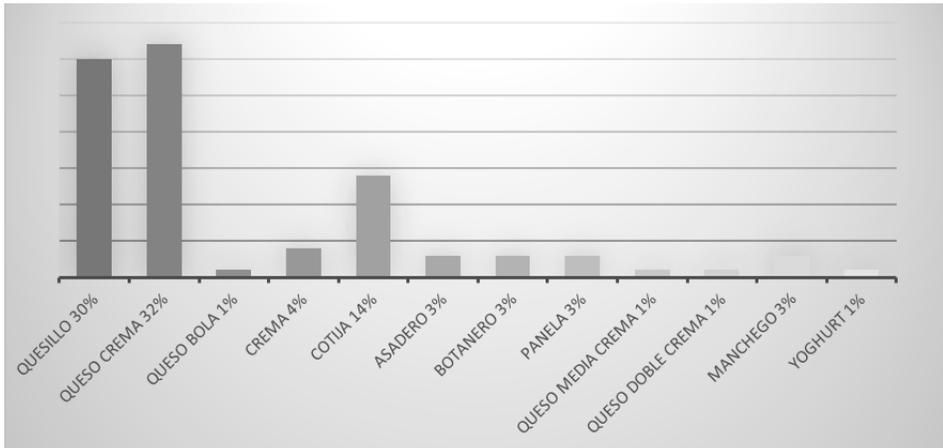
En cuanto al lactosuero obtenido diariamente, se aprecia que: Villa Corzo obtiene 53,480 L de lactosuero, Villaflores 40,920 L y La Concordia 12,100 L (figura 3).

Figura 3
Producción por día de lactosuero (%) en la región Frailesca, Chiapas (México).



El producto más común que se elabora dentro del proceso productivo de cada una de las empresas entrevistadas fue el queso-crema; actividad que representa al 32%; seguido del quesillo, con un 31%; y el queso Cotija, con un 14%; que son los quesos de mayor producción en la región (figura 4).

Figura 4
Tipos de queso y derivados que se elaboran en la región Frailesca, Chiapas (México).



De los productores encuestados, el 84% mencionó que utiliza de 1,000 a 5,000 L de leche para la elaboración de sus productos lácteos y sólo el 16% de ellos utilizan de 10,000 a 20,000 L de leche. Se mencionó que para elaborar un kilo de queso necesitan alrededor de 10 L de leche; es decir: que el 84% de ellos elabora de 100 a 500 Kg de quesos diarios.

El 87.50% de los productores encuestados mencionaron obtener alrededor de 1 a 3,000 L de lactosuero diario, el 7% de los productores obtiene de 3,000 a 6,000 L, el 2% obtienen de 6,000 a 9,000 L y sólo el 3.50% de productores obtienen de 9,000 a 12,000 L (cuadro 1).

Del total de productores entrevistados, el 24% indica que utiliza el lactosuero derivado en la alimentación de cerdos, principalmente en sistemas de traspatio. Un productor —que representa el 1%— mencionó reutilizar el lactosuero en su biodigestor para producir biogás, la cual es una tecnología innovadora que podría implementarse en la misma industria láctea. El 30% vierte el lactosuero directamente al suelo o a afluentes de agua, provocando fuertes problemas de contaminación (cuadro 2).

Sólo 17 queserías de las encuestadas que representa el 30% de los productores (54), mencionaron utilizar el lactosuero para alimentar cerdos; por lo que se estiman 22,775 L destinados únicamente para esta especie (cuadro 2). Las tres queserías que más lactosuero obtienen fueron: Excélsior, El Mapache y Lácteos Buenavista; las cuales generan de 30,000 a 33,000 litros de lactosuero diario, quienes mencionaron utilizar el suero

lácteo para elaborar requesón, para alimentación de puercos en su misma granja o, en otros casos, venden este subproducto con algunos productores de la región.

Cuadro 2
Litros de lactosuero que se utilizan diariamente en cada actividad que realizan los productores de la región Frailesca, Chiapas (México).

<i>Uso</i>	<i>Cantidad (litros)</i>	<i>Porcentaje</i>
Desechan	59,430	56
Alimentación animal	22,775	21
Requesón	17,675	17
Venden	5,800	5
Otros	720	0.9
Biodigestor	100	0.1
TOTAL	106,500	100

De acuerdo a los resultados del análisis bromatológico del lactosuero de la región (cuadro 3), se observó que, desde el punto de vista nutricional para su utilización en animales, la calidad puede considerarse baja en algunos aspectos; sobre todo, en su contenido proteínico.

Cuadro 3
Análisis bromatológico del lactosuero obtenido
de la producción de queso en la Frailesca, Chiapas (México).

Muestra	pH	ST g/100g	H	C g/100g	G g/100g	PC g/100g	EBKcal/g
La Concordia	5.13	6.68(±0.02)	93.32(±0.02)	0.57(±0.01)	0.40(±0.00)	0.88(±0.00)	4.10
Villaflores	3.93	6.93(±0.20)	93.07(±0.20)	0.72(±0.00)	0.33(±0.05)	1.02(±0.05)	3.55
Villa Corzo	4.62	7.41(±0.12)	92.59(±0.12)	0.69(±0.00)	0.30(±0.00)	0.98(±0.03)	3.91

Las medias no difieren estadísticamente (Tukey, $P < 0.05$). Valores entre paréntesis: desviación estándar de la media.
pH: potencial de hidrogeno, S.T: sólidos totales, H: humedad, C: cenizas, G: grasa butírica, PC: proteína cruda, EB: energía bruta.

Discusión

De acuerdo al total de litros de leche utilizados para la elaboración de los diferentes tipos de queso, se produce un total de 106,500 al día; lo que representa el 61% del volumen total de leche que se utiliza en la región, cantidad que difiere a lo indicado por Février y Chauvel (1977) y Cabrera *et al.* (2013); quienes reportan que un 75 al 90% del volumen de la leche producida es utilizada en la producción de queso. La diferencia radica en la utilización de un cuajo artificial que absorbe mayor cantidad de líquido, lo que disminuye su producción.

El queso-crema es la variedad de queso de mayor consumo y producción en la región de estudio; Mendoza y Farrera (2009) mencionan que en el estado de Chiapas se tenía un registro de 576 queserías artesanales, que procesaban cerca de 2,000 litros diarios de leche; la mayoría de ellas fabricó queso-crema.

Carrillo (2006) menciona que en México la producción de lactosuero es de unos 1,000 millones de litros diariamente, estimándose que sólo se aprovecha un 53%, eliminándose el resto como afluente altamente contaminante. El presente trabajo presenta datos muy similares, ya que el 56% de la producción diaria es desperdiciada; lo que equivale a 59,430 L desechados.

En cuanto a la calidad nutricional del lactosuero (cuadro 3), los resultados fueron muy parecidos a los reportados por otros autores (Cabrera *et al.*, 2013, Valdovinos, 2013; Cortés, 1979); aunque hay que recalcar que en Chiapas no hay referencia sobre los parámetros evaluados. La composición obtenida no evidencia cambios entre localidades. Estos datos fueron sometidos a un análisis de varianza; las medias fueron evaluadas utilizando la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Conclusiones

En la región Frailesca se obtiene alrededor de 106,500 litros de lactosuero al día; de esta producción, un 56% son desechados al ambiente. El uso como alimento en los sistemas pecuarios es utilizado solamente en cerdos; sin embargo, se desconocen los beneficios que tienen al usarlo; de tal manera que se ha convertido en una práctica solamente empírica. Por otro lado, la calidad nutrimental del lactosuero es —en general— baja; sobre todo, en términos de proteína cruda.

Literatura citada

- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15th ed. Washington, DC. USA. 684 pp.
- Cabrera, A.; Lammoglia, M.; Daniel, I.; Díaz, D. y Elorza, P. (2013). Estrategias para la suplementación becerros lactantes. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 1 (1): 59-65.
- Cortés, M. (1979). Utilización del suero de queso en combinación con diferentes niveles de concentrado para cerdos en crecimiento y acabado. *Revista ICA*. 14 (1): 13-24.
- Carrillo, J. L. (2006). Tratamiento y reutilización del suero de leche. *Revista Mundo Lácteo y Cárnico* (6): 28-30.
- Février, C. y Chauvel, J. (1977). *Lactosérums et sous-produits laitiers dans l'alimentation du porc*. Institute Technique du Porc. Paris, Francia. 190 pp.
- Hernández, T. R. (2015). *Diagnóstico del uso de lactosuero derivado de queserías de la región Frailesca*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas. México.
- Hernández, M.; Villegas, G.; Calvo, A. y León, V. (2010). El queso-crema de Chiapas: Exploración de su aceptabilidad rumbo a la obtención de una marca colectiva. *Revista Claridades Agropecuarias*. 1 (203): 29-37.
- INEGI. (2014). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Marco Geoestadístico*. Versión 3.1. Frailesca, Chiapas.
- Mendoza, P. R. y Farrera, Z. I. (2009). Política sanitaria en materia de lácteos en Chiapas. *Revista trimestral del Sistema Federal Sanitario*. 5(19).
- Miranda, O.; Ponce, I.; Fonseca, P.; Cutiño, M. y Díaz, R. (2009). Suero de queso un producto animal nutritivo. *Revista Cubana de Producción Animal*. 3(19).
- Ochoa, P. (2013). *Caracterización de los procesadores y análisis de la calidad de la leche y el queso del municipio de Térapatan, Chiapas*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Pomeon, T. Boucher, F. y Cervantes, E. F. (2009). *El queso-crema de la Costa de Chiapas: los retos de una construcción colectiva de la calidad*. Disponible en: https://agritrop.cirad.fr/552739/1/document_552739.pdf (Consultada el 15 de junio de 2016).
- Valdovinos, J. (2013). *Utilización de lactosuero en la engorda de bovinos*. XXII Encuentro de Investigación Veterinaria y Producción Animal. San Nicolás de Hidalgo, Michoacán. Pp. 83-89.

Recepción: 25 de junio de 2016
Envío arbitraje: 30 de julio de 2016
Dictamen: 14 de marzo de 2017
Aceptación: 10 de abril de 2017



Título: *Suero lácteo floral*

Autor: Marisol Herrera

Técnica: Tinta china morada sobre papel

Dimensiones: 28x22 cm

Efecto de la complementación de grasa protegida en la producción y composición de leche de cabras en pastoreo

Effect of protected fat complementation on production and composition of grazing goat

Francisco Javier Pastor López,^{1*} Luis Maconetzin Isidro Requejo,¹ Jorge Alonso Maldonado Jaquez,¹ Lorenzo Danilo Granados Rivera,² Eleazar Miguel Trinidad³ y José Guadalupe Rodríguez Martínez³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
INIFAP-Campo Experimental La Laguna
Bulevar José Santos Valdés 1200
Matamoros, Coahuila, México (C. P. 27040)

²Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo
Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería
Carretera México-Texcoco Km. 36.5
Texcoco, Estado de México, México (C. P. 56230)

³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
UAAAN-Unidad Laguna
Periférico Raúl López Sánchez S/N,
Torreón, Coahuila, México (C. P. 27059)

*Correspondencia: pastor.francisco@inifap.gob.mx

Resumen

El manejo de los rebaños caprinos en la región de la Comarca Lagunera se realiza, principalmente, en el sistema de producción extensivo, la alimentación consiste en especies forrajeras del agostadero y residuos agrícolas; esto provee un bajo aporte nutricional y, con ello, una baja producción de leche. Por esta razón, es necesario desarrollar estrategias de complementación que incrementen la producción y calidad de leche en este tipo de cabras. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de complementar con grasa protegida la producción y propiedades químicas de la leche en condi-

Abstract

Management of goat herds in the Comarca Lagunera region mainly is on extensive system, feeding consist in rangeland species and agricultural waste, this provides a low input of nutrients and thereby low milk production. By this reason is necessary work up in supplementary strategies that increase goat milk production and quality. The aim of this study was to determine protected fat supplementation effect on production and chemical properties of milk in extensive grazing conditions. A total 12 lactating does were randomly assigned into three groups (control, 40 and 80 g fat). Experimental

ciones de pastoreo extensivo. Se utilizaron 12 cabras adultas, distribuidas aleatoriamente en tres grupos (Control, 40 y 80 g de grasa). El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro repeticiones. Las cabras tuvieron dos semanas como periodo de adaptación y diez semanas experimentales. Las muestras de leche se obtuvieron un día de cada semana experimental. Las variables medidas fueron: producción y concentración de grasa, proteína y lactosa en leche. El análisis estadístico se realizó con un modelo de medidas repetidas del MIXED, de SAS. La complementación con 40 y 80 g de grasa no mostraron cambios en la producción de leche, proteína y lactosa; sin embargo, hubo efecto en la concentración de grasa a partir de la semana ocho.

Palabras clave

Grasa láctea, pequeños rumiantes, Región Lagunera, sales de Ca.

design was completely random with four repetitions. Goats had two weeks like adjustment period and ten experimental weeks. Milk samples were obtained one day in each experimental week. The variables measured were production milk and fat, protein and lactose concentration. Statistical analysis was with repeated measures model from MIXED from SAS. Supplementation with fat 40 and 80 g was no changes in milk production, protein and lactose; however, there was an effect on fat concentration since the week eight.

Keywords

Ca salts, Laguna region, milk fat, small ruminants.

Introducción

En México, la mayor parte de la población caprina se explota bajo el sistema extensivo de producción, alrededor del 64% se encuentran en zonas áridas y semiáridas (Cantú *et al.*, 1989), donde la alimentación depende de los forrajes en las áreas de pastoreo o residuos de cultivos agrícolas (Cantú, 2004). Esta situación ocasiona variaciones en la calidad y disponibilidad de alimento en el año, debido principalmente al régimen pluvial; ya que, la producción de forraje está significativamente relacionado con la precipitación tanto anual como estacional (Lauenroth y Sala, 1992); asimismo, un incremento en la precipitación media anual, aumenta la producción y la abundancia de especies forrajeras clave (Bai *et al.*, 2008) para la alimentación del ganado caprino. Esta variación en calidad y disponibilidad de forraje (principalmente, en la época de seca) limita el crecimiento y desarrollo del ganado, teniendo efecto sobre las características reproductivas y, finalmente, provocando baja producción de leche y carne de las cabras (Sánchez *et al.*, 2003).

La producción de leche depende de múltiples factores, tales como: raza, etapa de lactancia, estación del año, prácticas de manejo, estado de salud, entre otros; no obstante, la alimentación es uno de los principales (Salvador y Martínez, 2007). Mburu *et al.* (2014), señalan que prácticas alimenticias deficientes afectan la producción lechera en cabras; por su parte, Escareño *et al.* (2011) mencionan que el manejo de los caprinocultores del sistema extensivo requiere cambios respecto a cubrir los requerimientos nutricionales de las cabras; y así, propiciar una mejora en la producción de leche.

Ante esta situación, resulta necesario desarrollar estrategias de complementación alimenticia que ayuden a mitigar los efectos que se presentan por la baja calidad y disponibilidad de forrajes del sistema extensivo de producción caprina. Por lo que es necesario ubicar nutrientes que provean energía a los animales; ya que los requerimientos energéticos de este tipo de cabras —en virtud de la actividad de pastoreo— son mayores respecto de cabras estabuladas (NRC, 2007).

En este sentido, la suplementación de lípidos se ha utilizado en la alimentación de ganado lechero, con el objetivo de incrementar la ingesta de energía por parte del animal; propiciando una disminución de la movilización de reservas corporales durante el período de balance energético negativo. No obstante, ingredientes altos en ácidos grasos insaturados (semillas de oleaginosas y aceites vegetales) afectan la digestión ruminal, al inhibir la motilidad del retículo-rumen (Chilliard *et al.*, 2003).

De igual forma, la fermentación de hidratos de carbono estructurales se ve afectada negativamente debido a que los lípidos forman una película alrededor de las fibras, lo que limita el acceso de los microorganismos ruminales (Maiga y Schingoethe, 1997); por último, existe un efecto tóxico de los ácidos grasos de cadena larga sobre los protozoos y bacterias Gram-positivas, deteriorando la actividad celulolítica (Palmquist y Mattos, 2011).

Debido a esto, se han propuesto alternativas que no alteren el metabolismo, ni la microbiota ruminal, como los jabones de calcio. Su inclusión en la dieta de cabras lecheras ha generado mejoras en la producción y composición de la leche de cabras; además, provoca un cambio en el perfil de ácidos grasos en beneficio de la salud del consumidor (Salvador *et al.*, 2009).

Con base en las consideraciones anteriores, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la complementación con grasa protegida, a dos niveles de inclusión sobre la producción, y las propiedades químicas de la leche de cabras manejadas en condiciones de pastoreo extensivo.

Materiales y métodos

Localización y fecha

El estudio se realizó de marzo a junio de 2010, en una granja particular en el Ejido Ignacio Zaragoza, municipio de Viesca, Coahuila (México). Ubicado dentro de la región denominada “Comarca Lagunera”, dentro de las coordenadas 102° 48’ de longitud oeste y 25° 20’ de latitud norte, a una altura de 1,100 msnm; con temperatura media anual de 21°C y precipitación media anual de 300 mm; el clima se clasifica como semicálido con lluvias en verano (García, 1987).

Cabras, diseño experimental y tratamientos

Se utilizaron 12 cabras adultas locales (cruzas de razas Saanen, Alpina Francesa, Toggenburg y Nubia), de uno a cuatro años de edad, con peso promedio de 34 kg, condición corporal media de 2.5 (escala 1 a 5) y 39 a 54 días en lactación; distribuidas

aleatoriamente en tres grupos de cuatro animales por grupo, usando un diseño completamente al azar. Las cabras tuvieron un periodo de adaptación de dos semanas (14 días), y diez semanas experimentales (70 días), donde las muestras de leche se obtuvieron un día de cada semana experimental.

Los tratamientos fueron; Testigo: pastoreo; Grasa 80 g: pastoreo + complementación con 80 g de una mezcla de ácidos grasos protegidos (Megalac®, Arm & Hammer Animal Nutrition) + 300 g de maíz rolado + 3.8 g de sales minerales (Superbayphos®, Bayer); Grasa 40 g: pastoreo + 40 g de la mezcla de ácidos grasos protegidos + 150 g de maíz rolado + 1.7 g de sales minerales. Cada 100 g de Superbayphos® contienen: Fósforo 10%, Calcio 12%, Hierro 0.50%, Magnesio 0.10%, Cobre 0.15%, Zinc 0.12%, Manganeso 0.055%, Cobalto 0.05%, Yodo 0.02%, Selenio 200 ppb, Vitamina A 50,000 U.I. Al inicio del estudio, a las cabras se les realizó un examen clínico general para descartar cualquier patología.

Manejo de las cabras y ordeña

La ordeña se realizó manualmente una vez por día, de 6:00 am a 7:00 am; posteriormente, las cabras salían a pastorear de 9:00 am a 6:00 pm. Los recorridos fueron de 5 a 10 km día, dependiendo de la disponibilidad de forraje nativo y/o residuos agrícolas: melón (*Cucumis melo* L.) y sandía (*Citrillus lanatus*); a su regreso, se alojaron en corrales sin divisiones, junto al resto del hato del caprinocultor. El complemento fue ofrecido de forma individual en un recipiente fuera del corral, por la tarde, al regreso del pastoreo.

Producción y composición de leche

La producción de leche se midió individualmente con una báscula portátil (LS2000®, Ohaus) una vez por semana durante el periodo experimental. Simultáneamente, se obtuvieron muestras de leche de cada cabra; las cuales fueron colectadas en frascos con rosca (100 ml), para su análisis químico (grasa, proteína y lactosa), con un equipo automatizado que trabaja a través de señales sonoras (Milkoscope Expert®, Scope Electric) en el laboratorio de inocuidad del INIFAP C. E. La Laguna, Matamoros, Coahuila.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SAS V. 9.4, se empleó un modelo de medidas repetidas con el procedimiento MIXED, para obtener mejores soluciones para los efectos fijos. Como componente aleatorio, se consideró el efecto del animal y las medias de mínimos cuadrados se calcularon con la prueba Tukey ajustada.

La estructura general del modelo es:

$$Y_{ijkl} = \mu + ID_i + T_j + S_k + T_j * S_k + E_{ijkl}$$

Donde: Y_{ijkl} : Producción promedio de leche/cabra y/o componente de la leche (Grasa, Proteína, Lactosa), μ : constante que caracteriza a la población, ID_i : efecto aleatorio

del i -ésimo animal ($i=1, 2, 3, \dots, 12$), T_j : efecto fijo del j -ésimo tratamiento ($j=1, 2, 3$) S_k : efecto fijo de la k -ésima semana de tratamiento ($k=1, 2, \dots, 10$), $T_j^* S_k$: efecto fijo de la interacción semana*tratamiento, E_{ijkl} : error aleatorio. Todos los componentes aleatorios se supusieron normalmente distribuidos.

Resultados

Los datos de producción de leche y concentración de grasa, lactosa y proteína en leche se muestran en el cuadro 1, sin diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos.

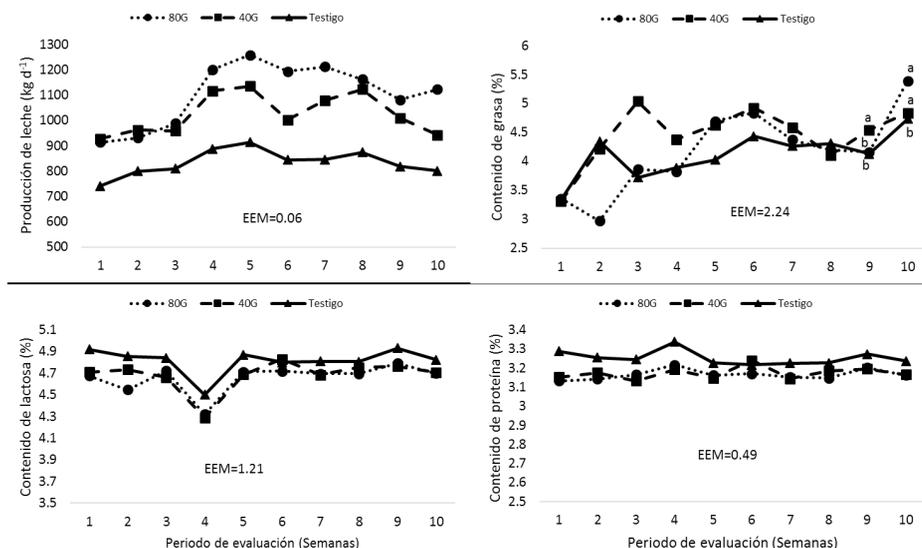
Cuadro 1
Efecto de la grasa de sobrepaso en la producción y composición de la leche de cabras en la Comarca Lagunera.

	<i>Testigo</i>	<i>Grasa 40 g</i>	<i>Grasa 80 g</i>	<i>EEM*</i>	<i>P</i>
Producción de leche (kg d ⁻¹)	1.0	0.9	1.1	0.06	0.471
Proteína (g kg ⁻¹)	31.5	30.7	30.8	0.49	0.443
Lactosa (g kg ⁻¹)	48.0	45.8	45.6	1.21	0.344
Grasa (g kg ⁻¹)	42.3	45.9	43.4	2.24	0.524

*EEM = Error estándar de la media. Prueba de Tukey ($P > 0.05$).

En la figura 1, se muestra el efecto en el tiempo de la complementación de grasa protegida sobre la producción y componentes de la leche, además de la interacción tratamiento por tiempo; por lo que resulta estadísticamente significativa la concentración de grasa ($P < 0.002$). Dicha interacción indica que en las primeras ocho semanas experimentales no hubo efecto por incluir grasa protegida sobre la concentración de grasa en leche; no obstante, en la semana ocho, la grasa láctea del tratamiento con 80 g de grasa, fue superior 11.60 y 13.90% respecto del tratamiento con 40 g de grasa de sobrepaso y testigo, respectivamente. Sin embargo, en la semana diez, los tratamientos con grasa protegida (80 g vs. 40 g) no fueron estadísticamente diferentes entre sí ($P > 0.05$); pero, fueron superiores ($P < 0.01$) 11.60% al tratamiento testigo.

Figura 1
Comparación entre grupos para producción de leche y composición de la leche en cabras complementadas con grasa protegida.



EEM = Error Estándar de la Media.

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices difieren a $P < 0.05$, prueba de Tukey.

Discusión

La producción de leche (1 kg d⁻¹) en este estudio fue menor a la reportada por Gómez y Tovar (2005) (± 1.5 kg d⁻¹), quienes trabajaron en la misma región, en condiciones de estabulación, con cabras de raza pura. La menor producción de leche de la presente investigación pudo estar relacionada con los mayores requerimientos energéticos de estas cabras respecto de estabuladas (NRC, 2007). Sin embargo, la revisión de la literatura especializada no mostró datos para cabras en pastoreo de la misma región de estudio.

La complementación con 40 y 80 g d⁻¹ de grasa protegida a cabras lactantes en pastoreo no tuvo efecto sobre la producción de leche; estos resultados contrastan con los reportados por Titi (2011), quien complementó con grasa protegida la dieta de cabras lactantes estabuladas a niveles de 45 y 75 g d⁻¹, y reportó un incremento ($P < 0.05$) de leche con la dosis alta respecto del tratamiento testigo; no así, para el nivel bajo de inclusión. De la misma forma, Salvador *et al.* (2009) reportan un incremento ($P < 0.05$) de leche al complementar la dieta de cabras canarias, con 80 g d⁻¹ de grasa protegida respecto del tratamiento testigo. No obstante, Molina *et al.* (2015), ofrecieron a cabras lactantes Saanen en estabulación 12.50, 25, 37.50 y 50 g d⁻¹ de grasa protegida, sin observar cambios en la producción de leche.

Gómez y Tovar (2005), suplementaron a cabras Alpinas lactantes en estabulación, en la misma región del presente estudio, con cantidades similares (0, 25, 50, y 75 g d⁻¹) de Megalac® y no observaron efecto en producción de leche. Por su parte, Sanz-Sampelayo *et al.* (2002), complementaron a cabras lactantes mayores cantidades de grasa protegida (0, 90 y 120 g d⁻¹) y tampoco observaron cambios en la producción de leche. Otro factor podría ser que, al incluir grasa protegida en la dieta, dicha protección sólo es parcial; lo cual puede tener repercusiones negativas en la fermentación ruminal de la materia orgánica. Al respecto, Geron *et al.* (2011) suplementaron grasa protegida a novillos de engorda y reportaron que dicha grasa disminuyó la digestibilidad del almidón presente en el maíz de la dieta; lo que ocasionó una disminución en la energía metabolizable, la cual es la principal fuente de energía para la producción de leche (NRC, 2007).

Respecto de la proteína y lactosa en la leche, no se esperaba un cambio, pues el complemento es una mezcla de ácidos grasos, cuya tendencia es a no afectar estos componentes de la leche (Molina *et al.*, 2015). Por otro lado, la ausencia de diferencias en la concentración de proteína y lactosa puede deberse a que los requerimientos de nutrientes no fueron satisfechos en todos los grupos (Gómez y Tovar, 2005). Sin embargo, sí se observó un incremento en el contenido de la grasa en leche en las últimas semanas experimentales. Estos resultados son similares a los reportados por Yilmaz *et al.* (2009) y Salvador *et al.* (2009); estos últimos, usaron grasa protegida a nivel de 80 g día⁻¹, bajo condiciones de estabulación.

La hipótesis para dicha respuesta sería que las dosis del complemento graso fueron insuficientes para modificar las grasas en las primeras semanas experimentales; no obstante, en las últimas semanas se presentó un efecto acumulativo del complemento. Al respecto, Sanz-Sampelayo *et al.* (2004) evaluaron el efecto de complementar a cabras lactantes con grasa protegida durante tres semanas; y nueve semanas después de retirar el complemento, reportaron que la grasa en leche de cabras complementadas fue mayor ($P < 0.05$) respecto de cabras sin complemento, y que tal tendencia continuó después de retirarlo; lo cual es indicativo del efecto acumulativo de las grasas protegidas.

Conclusiones

La complementación de grasa protegida a niveles de 40 y 80 g por día en cabras lactantes en pastoreo no modifica la producción de leche, ni la proteína, ni la lactosa. Sin embargo, sí hubo efecto en la producción de grasa en la leche de las cabras complementadas, a partir de la semana ocho. Éste representa un estudio pionero sobre la complementación de la dieta en cabras en pastoreo; por lo que se requieren estudios adicionales para detallar las dosis con respuestas óptimas que ayuden a mejorar la producción y calidad de la leche de este tipo de ganado.

Literatura citada

- Bai, Y.; Wu, J.; Xing, Q.; Pan, Q.; Huang, J.; Yang, D. y Han, X. (2008). Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. *Ecology* 89(8): 2140-2153.
- Cantú, B. J. E. (2004). *Zootecnia de ganado caprino*. 2 Ed., Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 303 pp.
- Cantú, R. E.; Colín, N. M.; Contreras, M. y García, J. (1989). *Estudios sobre la estacionalidad reproductiva de los machos caprinos de las razas Saanen y Alpina*. En: Memorias de la V Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, México. p. 67.
- Chilliard, Y.; Ferlay, A.; Rouel, J. y Lamberet, G. (2003). A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86(5): 1751-1770.
- Escareño, S. L. M.; Wurzinger, M.; Pastor, L. F., Salinas, H.; Sölkner, J. e Íñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(Ed. Esp.): 235-246.
- García, E. (1987). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koepfen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 246 pp.
- Geron, L. J. V.; Zeoula, L. M.; Paula, E. J. H.; Ruppim, R. F.; Rodrigues, D. N. y Moura, D. C. (2011). Inclusão do caroço de algodão em rações de alto concentrado constituído de co-produtos agroindustriais sobre o desempenho animal em tourinhos confinados. *Archives of Veterinary Science* 16(3): 14-24.
- Gómez, V. H. y Tovar, L. I. (2005). Comportamiento productivo de cabras lactantes consumiendo una dieta a base de nopal y ryegrass con cantidades crecientes de Megalac®. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 4(1): 47-50.
- Lauenroth, W. K. y Sala, O. E. (1992). Long-term forage production of North American shortgrass steppe. *Ecological Applications* 2(4): 397-403.
- Maiga, H. A. y Schingoethe, D. J. (1997). Optimizing the utilization of animal fat and ruminal bypass proteins in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80(2): 343-352.
- Mburu, M.; Mugendi, B.; Makhoka, A. y Muhoho, S. (2014). Factors affecting Kenya Alpine dairy goat milk production in Nyeri region. *J. Food Res.* 3(6): 160-167.
- Molina, B. S. D. L.; Alcalde, C. R.; Hygino, B.; Santos, S. M. D. A.; Gomes, L. C. y Santos, G. T. D. (2015). Inclusion of protected fat in diets on the milk production and composition of Saanen goats. *Ciência e Agrotecnologia* 39(2): 164-172.
- NRC (National Research Council) (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. National Academy Press. United States. 384 pp.
- Palmquist, D. L. y Mattos, W. R. S. *Metabolismo de lípidos*. En: Berchielli, T. T.; Pires, A. V. y Oliveira, S. G. (Eds.). *Nutrição de Ruminantes*. Brasil. FUNEP. (2011). Pp. 299-322.
- Salvador, A. y Martínez, G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Rev. Fac. Cs. Vets.* 48(2): 61-76.
- Salvador, A.; Alvarado, C.; Contreras, I.; Betancourt, R.; Gallo, J. y Caigua, A. (2009). Efecto de la alimentación con grasa sobrepasante sobre la producción y composición de la leche de cabra en condiciones tropicales. *Zootecnia Trop.* 27(3): 285-298.
- Sánchez, C.; García, M. y Álvarez, M. (2003). Efecto de la suplementación alimenticia sobre el comportamiento productivo de cabras al postparto en la micro-región Río Tocuyo, estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 21(1): 43-55.
- Sanz-Sampelayo, S. M. R.; Martín, A. J.; Pérez, L.; Gil, E. F. y Boza, J. (2004). Dietary Supplement for lactating goats by polyunsaturated fatty acid-rich protected fat. Effects after supplement withdrawal. *J. Dairy Sci.* 87(6): 1796-1802.
- Sanz-Sampelayo, S. M. R.; Pérez, L. y Martín, A. J. (2002). Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance of lactating Granadina goats: 1. Feed intake, nutrient digestibility, N and energy utilization for milk production. *Small Rumin. Res.* 43(2): 133-139.
- Titü, H. (2011). Effects of varying levels of protected fat on performance of Shami goats during early and mid-lactation. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 35(2): 67-74.

Yilmaz, A.; Corduk, M.; Toprak, N. N. y Pulatsu, S. (2009). Effects of the supplemental protected fat to concentrate feed on performance and some milk parameters in dairy goats. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(11): 2143-2146.

Recepción: 8 de junio de 2016

Envío a arbitraje: 10 de julio de 2016

Dictamen: 20 de febrero de 2017

Aceptado: 28 de abril de 2017



Título: *Scomber scrombus*
Autor: Marisol Herrera
Técnica: Tinta china morada sobre papel
Dimensiones: 28x22 cm