

Index

Editorial	5
Evaluation of promising clones and potato varieties for local use in state of Merida, Venezuela.....	7
<i>Lourdes González, Martha Osorio y Yelinda Araujo</i>	
Previous temperatures and acclimation on peach [<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.] flower buds exposed to freezing.....	23
<i>Javier Emilio Chaar</i>	
Estimation of methane (CH ₄) and carbon dioxide (CO ₂) production from swine manure	35
<i>Angélica Anahí Pérez Díaz, René Pinto Ruiz, Alejandro Ley de Coss, Roselia Ramírez Díaz, Luis Fernando Molina Paniagua, Francisco Guevara Hernández y José Apolino Venegas Vengas</i>	
Effect of the method of extraction of the semen in the spermatid quality of <i>Sahiwal</i> bulls.....	47
<i>Mónica Stella Mancheno Durán y Aslam Díaz Castillo</i>	
Conocimiento actual de los peces cíclidos del río Amacuzac, México	55
<i>Franco Archundia Marco Polo, Arce Uribe Elsay y Luna-Figueroa Jorge</i>	
Guide for authors	75

Editorial

En este 2018 queremos señalar que en diferentes artículos científicos presentados en *Avances en Investigación Agropecuaria (Rev. AIA)* se indican alternativas que buscan proponer estrategias, mecanismos, alternativas de adaptación y mitigación al cambio climático, ya sea de forma directa o indirecta.

Latinoamérica posee un ambiente megadiverso con una riqueza vegetal importante, en donde su conocimiento y utilización en la agricultura y ganadería permitirán estrategias para la reducción y/o mitigación de gases de efecto invernadero y el desarrollo de sistemas agrícolas y ganaderos resilientes, los cuales tienen que ser desafiadas para que generen riqueza económica, con un amplio beneficio social.

Ante este fenómeno, *Avances en Investigación Agropecuaria* difunde diferentes trabajos de investigación que dan luz en la utilización de los recursos nativos o en las estrategias que se pueden realizar para mejorar indicadores tanto productivos, económicos como ambientales.

Tal fue el caso del artículo de la Isla de la Juventud, en Cuba en donde en el número anterior, se demostró que en ranchos ganaderos se ve comprometida la biodiversidad, dado que existieron pérdida de especies que por las condiciones de manejo no se encontraban en los potreros después de su evaluación, lo cual, hace reflexionar sobre las nuevas posibilidades de manejo que deberán ser consideradas para la conservación de dicha biodiversidad.

Asimismo, en el primer número de 2018, se presentó el caso de la *Tithonia diversifolia* especie nativa que fue estudiada para su mejor interpretación y utilización en los sistemas ganaderos, dicha especie muestra un alto potencial para mejorar los sistemas productivos de la ganadería tropical; el estudio abordó la diversidad de ecotipos para su utilización en diferentes condiciones. Lo cual, a través de su selección en diferentes ambientes de distribución natural son estudiadas y valoradas sus características agronómicas, con miras a la integración en sistemas silvopastoriles.

Con el mismo sentido, pero con diferente especie se estudiaron variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) para diferentes localidades de Venezuela, en donde el trabajo con productores y la investigación básica permite la selección de aquellas variedades con mayor posibilidad de adaptación a las condiciones de la localidad en donde se estudiaron.

Al igual los colegas que valoran el uso de la cerdaza como fuente de alimento para rumiantes, con un enfoque ambientalista, dado que cuantifican la presencia de CO₂ y CH₄, producto de la fermentación medido con técnicas *in vitro*.

No menos importante es el trabajo que aborda los cambios de temperatura y la adaptación a los mismos en durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch.]; este cultivo se ve sometido a problemas de heladas con adaptación fisiológica a dichos cambios y cómo a través de modelos experimentales se busca predecir la conducta de dichos cultivares para una mejor adaptación a condiciones extremas.

El reto sigue siendo el mismo, el planteamiento del desarrollo sustentable en un mundo dicotómico, en donde los extremos en los ámbitos sociales, ambientales y económicos son una realidad. Este desafío implica continuar trabajando en las propuestas que permitan la adaptación y mitigación al cambio climático ante estos escenarios extremos.

José Manuel Palma García
Director de Rev. AIA

Evaluación de clones promisorios y variedades de papa de uso local en el estado Mérida, Venezuela

Evaluation of promising clones and potato varieties for local use in state of Merida, Venezuela

Lourdes González,¹ Martha Osorio² y Yelinda Araujo¹

¹ Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida (CIAE-Mérida). Avenida Urdaneta Oficinas INIA Mérida. Mérida, Venezuela. CP. 4525.

² Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIA-CENIAP. Avenida Universidad vía El Limón, edif. INIA. Maracay, Venezuela. CP. 2105.
Correo de correspondencia: lgonzalez@inia.gob.ve

Resumen

Con el objetivo de seleccionar los materiales de papa con mejor adaptación a las diferentes localidades consideradas se evaluaron clones promisorios (382151.22, 382121.25, 386528.7), variedades comerciales (Dorinia, Marilinia, Muskainia, Cristalinia) y las variedades de uso local (Montañita y Sin Nombre Táchira), como testigo se usó la variedad Granola, en cinco localidades del estado Mérida, Venezuela. Se determinaron las variables: emergencia, altura de plantas, número de tallos/m², rendimiento comercial (t.ha⁻¹), aptitud para fritura (realizada por PepsiCo Alimentos S.C.A), caracterización morfológica usando descriptor del Centro Internacional de la Papa, caracterización molecular (mediante amplificación por microsátélites) y selección participativa con entrevistas a agricultores sobre la evaluación absoluta en fases de floración y cosecha. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. La emergencia de los materiales superó el 88 % en todas las localidades: Granola y Cristalinia (393194.27) con menor porcentaje y el mayor para el clon

Abstract

With the objective to select the materials from potatoes with the best adaptation to the different localities considered, promising clones (382151.22, 382121.25, 386528.7), commercial varieties (Dorinia, Marilinia, Muskainia, Cristalinia) and the varieties of local use (Montañita and Sin Nombre Táchira) were evaluated, as a witness the Granola variety was used, in five locations in the state of Mérida, Venezuela. The variables determined were: emergence, plant height, number of stems/m², commercial yield (t ha⁻¹), frying ability (performed by PepsiCo Alimentos S.C.A), morphological characterization using the descriptor of the International Potato Center, molecular characterization (through microsatellite amplification) and participatory selection with interviews to farmers of the absolute evaluation in phases of flowering and harvest. A randomized block design with 10 treatments and four replicates was used. The emergence of materials exceeded 88% in all localities: Granola and the Cristalinia variety (393194.27) with the lowest percentage and the highest for the clone 382151.22

382151.22 (99.5 %). La altura osciló entre 26 cm (Granola) y 67.25 cm (382151.22). Todos los materiales presentaron cinco tallos/m², excepto Granola con cuatro. Estadísticamente el rendimiento (t.ha⁻¹) mostró diferencias significativas entre los materiales ($P < 0.0001$), siendo el clon 382121.25 el más alto de las cinco localidades (37.05 t.ha⁻¹) y el menor Granola (12.41 t.ha⁻¹). Los criterios morfológicos evaluados arrojaron baja variabilidad entre los materiales. La caracterización molecular determinó cinco grupos estrechamente relacionados con el área geográfica de origen de los materiales y con sus características de emergencia, rendimiento y calidad. Los materiales evaluados no fueron aptos para la fritura, con excepción del clon 382121.25.

Palabras clave

Caracterización, morfológico, molecular, agronómico, procesamiento, *Solanum*.

(99.5%). The height ranged from 26.00 cm (Granola) to 67.25 cm (382151.22). All the materials presented five stems/m², except Granola with four. Statistically the yield (t.ha⁻¹) showed significant differences between the materials ($P < 0.0001$), with clone 382121.25 being the highest of the five localities (37.05 t.ha⁻¹) and the smaller Granola (12.41 t.ha⁻¹). The morphological criteria evaluated showed low variability among materials. The molecular characterization determined five groups closely related to the geographic area of origin of the materials and with their characteristics of emergence, yield and quality. The evaluated materials were not suitable for frying, except clone 382121.25.

Keywords

Characterization, morphological, molecular, agronomic, processing, *Solanum*.

Introducción

La papa es el cuarto cultivo alimenticio en el mundo y llega a más de mil millones de consumidores, con una producción global de más de 350 millones de toneladas (FAO, 2014). En la actualidad es consumida en casi todos los pueblos del mundo, y es junto al trigo, maíz y arroz uno de los cuatro cultivos básicos en la alimentación humana (Cuesta *et al.*, 2002; Ezeta, 2002). Es un componente fundamental de la dieta alimenticia, especialmente en las zonas andinas, debido a su alto contenido de carbohidratos, vitaminas y minerales (Egusquiza, 2000; Secor y Rivera-Varas, 2004), y se encuentra entre los diez alimentos más importantes producidos en los países en vías de desarrollo (Gutiérrez, 2006). En Venezuela constituye un rubro de gran importancia por la superficie cultivada y el volumen de producción, es sembrada principalmente en fincas de pequeños productores en los estados andinos (Táchira, Mérida y Trujillo). En la región andina venezolana se produce aproximadamente 83% de la producción de papa del país. La superficie cosechada para 2014 fue de 25,757 ha (Mérida: 11,494.05 ha, Táchira: 8,131.46 ha y Trujillo: 6,131.47 ha); una producción de 490,196 t y rendimiento promedio de 19.032 t.ha⁻¹ (FEDEAGRO, 2014).

Los principales problemas en la zona son la baja producción de semilla de calidad y la susceptibilidad al ataque de enfermedades de los cultivares utilizados, principalmente *Phytophthora infestans*, *Spongospora subterranea* y plagas como *Tecia solanivora*. Predomina la variedad Granola, de origen alemán, es utilizada para el mercado de consumo fresco, susceptible a candelilla tardía (*Phytophthora infestans*). También se cultivan va-

riedades de origen colombiano y en bajo porcentaje las variedades nacionales (Andinita, Caribay, Tibisay, Esperanza, María Bonita, Fri papa INIA, Iniafrit, Dorinia, Marilinia y Cristalinia). Los agricultores demandan variedades de ciclo corto, tubérculos blancos, con buen comportamiento en postcosecha y tolerancia a las principales enfermedades, lo cual les permitiría la disminución de los costos de producción y por ende incrementar la rentabilidad. En este contexto, se requiere incorporar nuevas variedades a través de la evaluación y selección de materiales en un programa de mejoramiento genético integrado, que garantice la obtención de cultivares con adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de la zona andina, con atributos de calidad tanto para el mercado de consumo fresco como para la industria y que además, sean agrónomicamente manejables por el productor. En ese sentido, se evaluaron nueve materiales de papa, con el objetivo de seleccionar los mejor adaptados a las condiciones agroclimáticas del estado Mérida, en relación a características de emergencia, altura de plantas, rendimiento y calidad de fritura de los tubérculos.

Materiales y métodos

Se utilizaron los clones promisorios: 392639.1, 393194.1, 393194.27, 393658.44, actualmente estos clones se conocen con los nombres Mukasinia, Dorinia, Cristalinia, Marilinia, respectivamente; ya que fueron incluidos en la lista de variedades elegibles a partir de 2011. También se evaluaron los clones promisorios 382151.22, 382121.25, 386528.7, además de las variedades de uso local Montañita y Sin Nombre Táchira y como testigo se utilizó la variedad Granola (cuadro 1).

Cuadro 1

Genealogía de los diez genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) evaluados.

Clones y Variedades	Parentales
382151.22	377936.3 x Bulk Mex
382121.25	378508.295xBulk Mex
386528.7	377427.1x575049
393194.1(Dorinia)	387415.47x389146
393658.44(Marilinia)	387004.4x387170.9
392639.1(Muskainia)	387143.22x387334.5
393194.27 (Cristalinia)	387415.47 x389746
Montañita	Se desconoce
Sin Nombre Táchira	Se desconoce
Granola	333360x26704

Se realizaron las evaluaciones agronómicas, morfológicas y la selección participativa con agricultores a los diez materiales elegidos durante tres ciclos de siembra, en cinco localidades del estado Mérida (cuadro 2). Posteriormente se realizó la caracterización molecular y la evaluación sensorial de los materiales.

Cuadro 2
Ubicación y altura de las localidades donde se evaluaron los genotipos de papa en Mérida, Venezuela.

Localidades	Municipio	Altura (msnm)	Coordenadas geográficas
Cuatro Esquinas, Guaraque	Guaraque	2,079	N 08°12'57" W 071°33'32"
El Hato, Guaraque	Guaraque	2,121	N 08°09'30" W 071°45'09"
Hato Las Pérez Plan del Morro Finca Tierra Linda	Libertador	2,344	N 08°30'03.9" W 071°13'35.9"
Inmaculada-Mucuchíes	Rangel	2,955	N 08°44'56.4" W 070°54'54.2"
Campo Experimental "Dr. Eduardo Ortega Cartaya" en Mucuchíes (CEM)	Rangel	3,100	N 08°45'51" W 070°53'12.2"

Los ensayos se condujeron bajo un diseño experimental de bloques al azar con 10 tratamientos, cuatro repeticiones, tres o cuatro hilos o surcos de tres metros de largo por parcela, 10-20 tubérculos/hilo o surco, la distancia entre hilo fue de 0.80 m y entre plantas de 0.30 m.

Para la evaluación de las variables agronómicas se consideraron los siguientes parámetros: emergencia (45 días después de la siembra), rendimiento comercial ($t\cdot ha^{-1}$) a la cosecha, altura de plantas y número de tallos/ m^2 . Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza con un diseño de bloques al azar y a la comparación de Medias de Tukey, utilizando el programa Infostat versión 12 (2014).

Las variables morfológicas se evaluaron utilizando el descriptor de Huamán y Gómez (1994). Así mismo, se realizó la evaluación de calidad para fritura en la empresa Pepsi-Co Alimentos S.C.A., en muestras de aproximadamente 10 kg de papa por cada material.

Para la selección participativa con agricultores se realizaron 20 entrevistas de evaluación absoluta en la fase de floración y cosecha. Los agricultores de manera individual evaluaron cada uno de los materiales según sus criterios, para luego agruparlos en tres categorías: buenos, regulares o malos, señalando en cada caso sus razones. El personal técnico actuó como facilitador de manera imparcial, profundizando o aclarando los criterios expresados por los agricultores y registrando la información. Al momento de la cosecha, los agricultores utilizando el método por orden de preferencia (Ashby, 1991), señalaron el material que consideraron excelente.

La caracterización molecular de los materiales se realizó mediante la amplificación por microsatélites, utilizando la metodología de Osorio *et al.* (2011). Esta amplificación se realizó con nueve de los 12 iniciadores específicos desarrollados para papa (cuadro 3), seleccionados por su alto índice de contenido polimórfico (PIC).

Cuadro 3
Iniciadores utilizados en la amplificación por microsatélites
de los materiales de papa.

Código del iniciador	Índice de contenido polimórfico
STM 1049	0.7706
STM 2022	0.7531
STM 1052	0.8320
STM 2013	0.8728
STM 1104	0.8916
STM 1016	0.7757
STM 3012	0.6944
STM 1106	0.8216
STM 0037	0.7865

Fuente: Ghislain *et al.*, 2004.

Posterior a la amplificación por microsatélites se realizó la genotipificación de los materiales, para lo cual se determinó el número máximo de bandas con pesos moleculares específicos y particulares observados con cada iniciador, por tanto, el código asignado a cada material debe tener tantos dígitos como bandas con pesos moleculares particulares posea (cuadro 4). Para el caso de este estudio, el número máximo de bandas observadas fueron cinco, las cuales fueron obtenidas con el iniciador STM 0037 que fue el que produjo mayor polimorfismo entre los individuos evaluados.

Cuadro 4
Ejemplo de asignación de dígitos con el iniciador STM 0037.

# de banda	Peso molecular en pares de bases (pb)	Nomenclatura
1	212pb	A
2	205 pb	B
3	180 pb	C
4	120 pb	D
5	95 pb	E

El patrón electroforético para cada material fue determinado por los pares de bases (pb) de cada banda y su intensidad, es decir, que cada dígito se repitió dependiendo de la intensidad observada, dando como resultado los códigos de genotipificación.

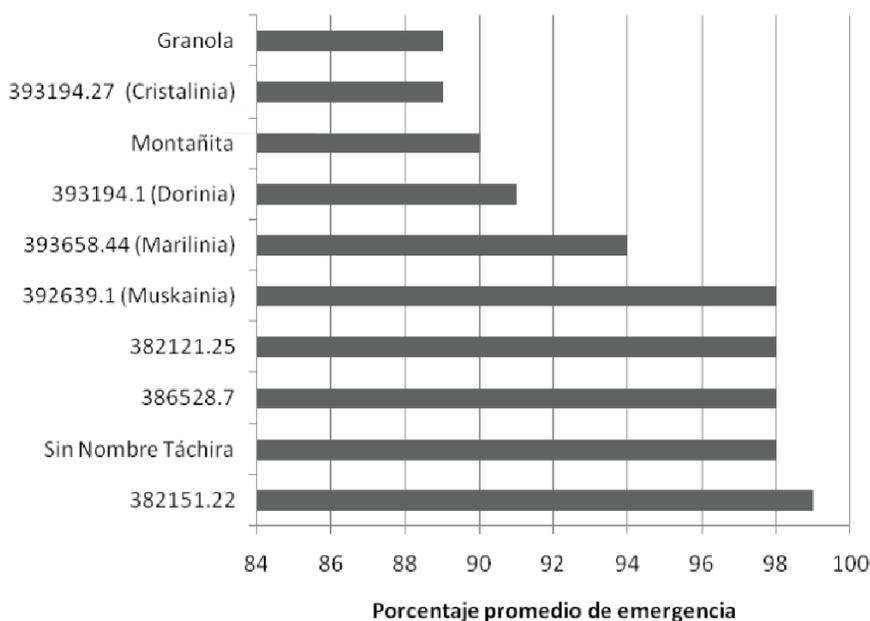
Resultados

Características agronómicas

Emergencia

La emergencia de los materiales evaluados estuvo por encima del 88 % en promedio para todas las localidades, no obstante, el menor valor se observó en Granola y Cristalinia (89%), mientras que el clon promisorio 382151.22 presentó el mayor porcentaje de emergencia (99.5 %) (figura 1).

Figura 1
Porcentaje promedio de emergencia (%) de diez genotipos evaluados en cinco localidades del estado Mérida, Venezuela.



Rendimiento

En el cuadro 5, se observa que el rendimiento comercial promedio más alto en las cinco localidades, se registró en el clon 382121.25 (37.05 t.ha⁻¹), mientras que el menor rendimiento se obtuvo en la variedad Granola (12.41 t.ha⁻¹). El rendimiento mostró diferencias significativas entre los diferentes materiales ($P > 0.05$).

Cuadro 5
Rendimiento comercial promedio (t.ha⁻¹) de los diez genotipos de papa evaluados en cinco localidades del estado Mérida, Venezuela.

Clones y variedades	Rendimiento (t. ha ⁻¹)	EE
382121.25	37.05 e	2.21
393658.44 (Marilinia)	32.85 de	2.21
392639.1 (Muskainia)	31.64 cde	2.55
386528.7	30.35 bcde	2.21
382151.22	29.34 bcde	2.21
393194.1 (Dorinia)	23.65 bcd	2.55
393194.27 (Cristalinia)	22.49 abc	2.21
Montañita	21.69 abc	1.97
S/N Táchira	20.17 ab	3.12
Granola (testigo)	12.41 a	1.56
P	0.05	

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas (Tukey $P < 0.05$).

El ciclo de cultivo fue variable según la localidad, siendo mejor en las zonas de mayor altura (cuadro 6), lo cual puede ser favorable cuando se quiera seleccionar genotipos para determinada localidad.

Cuadro 6
Ciclo de madurez de los diez genotipos de papa evaluados en cinco localidades del estado Mérida.

Localidades	Municipio	Altura (msnm)	Días hasta maduración
Cuatro Esquinas, Guaraque	Guaraque	2,079	111
El Hato, Guaraque	Guaraque	2,121	118
Hato Las Pérez Plan del Morro	Libertador	2,344	120
Finca Tierra Linda			
Inmaculada-Mucuchíes	Rangel	2,955	158
Campo Experimental "Dr. Eduardo Ortega Cartaya" en Mucuchíes (CEM)	Rangel	3,100	150

Altura y número de tallos/m²

En relación a la altura de los materiales (cuadro 7), se notó que ésta osciló entre 26.0 a 67.3 cm, siendo la variedad Granola la de menor altura (26.0 cm). Estadísticamente los clones fueron iguales entre sí pero diferentes de Granola.

El número de tallos/m², en la variedad testigo (Granola) fue de cuatro tallos/m² el resto de los materiales presentaron cinco tallos/m². Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los materiales (cuadro 7).

Cuadro 7

Variables de crecimiento de ocho genotipos de papa evaluados en el Campo Experimental “Dr. Eduardo Ortega Cartaya” en Mucuchíes (CEM), municipio Rangel del estado Mérida, Venezuela.

Cultivar	Altura (cm)	Número de tallos/m ²
Granola	26.0a	4a
Cristalinia (393194.27)	54.0b	5a
386528.7	59.5b	5a
Dorinia (393194.1)	61.25b	5a
Sin Nombre Táchira	63.5b	5a
Marilinia (393658.44)	64.0b	5a
Montañita	64.08b	5a
Muskainia (392639.1)	64.5b	5a
382121.25	65.5b	5a
382151.22	67.3b	5a
E.E	0.40	0.36
P	0.01	

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey $P < 0.01$).

Características morfológicas

A continuación se describe la caracterización morfológica de cada uno de los materiales evaluados:

393194.1 (Dorinia): Hábito de crecimiento decumbente con las alas dentadas, el tallo de color verde. La hoja entera, con cinco pares de folíolos laterales, dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre peciolulos. Floración profusa, color del pedicelo y cáliz verde. Forma de la corola rotácea. Color de la flor blanco pálido, no presenta color secundario y pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema pálido, color de la carne blanca, forma del tubérculo comprimida, ojos profundos

392639.1 (Muskainia): Hábito de crecimiento semierecto con las alas dentadas, el tallo de color verde. La hoja entera, con cinco pares de folíolos laterales, tres pares de interhojuelas entre folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre peciolulos. Floración profusa, color del pedicelo y cáliz verde. Forma de la corola pentagonal. Color de la flor blanco pálido, no presenta color secundario y pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema intenso, color de la carne blanca, forma comprimida, ojos profundos.

393658.44 (Marilinia): Hábito de crecimiento semierecto con las alas dentadas, el tallo de color verde. La hoja entera, con cuatro pares de folíolos laterales, dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre peciolulos. Floración profusa, color del pedicelo y cáliz verde. Forma de la corola pentagonal. Color de la flor

blanco pálido, no presenta color secundario y pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema pálido, color de la carne blanca, forma comprimida, ojos profundos.

393194.27 (Cristalina): Hábito de crecimiento decumbente con las alas dentadas, el tallo de color verde. La hoja entera, con cinco pares de folíolos laterales, dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre peciolulos. Floración profusa, color del pedicelo y cáliz verde. Forma de la corola pentagonal. Color de la flor blanco pálido, no presenta color secundario y pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema pálido, color de la carne blanca, forma comprimida, ojos profundos.

386528.7: Hábito de crecimiento erecto, el tallo de color verde con las alas onduladas. La hoja entera, con cuatro pares de folíolos laterales, dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre peciolulos. Sin botones al momento de la evaluación, color del pedicelo ligeramente pigmentado a lo largo y en la articulación, cáliz pigmentado con poco verde. Forma de la corola pentagonal. Color de la flor rojo morado oscuro, color secundario blanco, distribuido acumen envés. No presenta pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema intermedio, color de la carne blanca, forma comprimida y oblonga, ojos medios.

382151.22: Hábito de crecimiento erecto, el tallo de color verde con pocas manchas y alas onduladas. La hoja entera, con cuatro pares de folíolos laterales, dos a tres pares de interhojuelas entre folíolos laterales y no presenta interhojuelas sobre peciolulos. Floración moderada, color del pedicelo ligeramente pigmentado a lo largo de la articulación. Color del cáliz morado. Forma de la corola semi-estrellada. Flor de color morado intermedio color secundario crema, distribuido acumen en ambos. No presenta pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema intenso, color de la carne blanca, forma obovada, ojos medios.

382121.25: Hábito de crecimiento erecto, el tallo de color verde con pocas manchas y alas onduladas. La hoja entera, con cinco pares de folíolos laterales, dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre peciolulos. Floración moderada, color del pedicelo mayormente pigmentado y articulación verde. Color del cáliz verde con abundantes manchas. Forma de la corola semi-estrellada. Flor de color morado intermedio color secundario crema, distribuido acumen/envés. No presenta pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema intenso, color de la carne blanca, forma aplanada, ojos medios.

Montañita: Hábito de crecimiento decumbente, el tallo de color verde con alas onduladas. La hoja entera, con cuatro pares de folíolos laterales, dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales y no presenta interhojuelas sobre peciolulos. Floración moderada, color del pedicelo pigmentado solo debajo de la articulación. Color del cáliz verde. Forma de la corola semi-estrellada. Flor de color blanco intermedio, color secundario lila intermedio, distribuido estrella en haz. No presenta pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema intermedio, color de la carne blanca, forma oblonga, ojos medios.

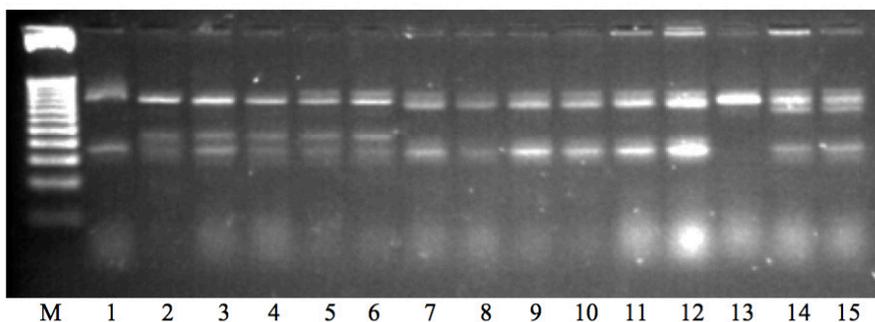
Sin Nombre Táchira: Hábito de crecimiento semierecto, el tallo de color verde con pocas manchas, con alas onduladas. La hoja entera, con cuatro pares de folíolos laterales, uno a dos pares de interhojuelas entre folíolos laterales y no presenta interhojue-

las sobre peciolulos. Floración moderada, color del pedicelo pigmentado y articulación verde. Color del cáliz verde con pocas manchas. Forma de la corola semi-estrellada. Flor de color morado intermedio color secundario crema, distribuido acumen/envés. No presenta pigmentación de pistilo y antera. Piel del tubérculo blanco crema intenso, color de la carne blanca, forma comprimida, ojos medios.

Caracterización molecular

De los nueve iniciadores empleados en el estudio, el STM 0037 resultó el más polimórfico y sus productos de amplificación (figura 2), permitieron separar a los individuos estudiados en cinco grupos de acuerdo a los códigos de genotipificación asignados (cuadro 8).

Figura 2
Patrones de bandas de los materiales estudiados obtenidos con el iniciador STM 0037.



Identificación de los carriles: M: Marcador; 2: Montañita; 3:392639.1; 4: 393194.27; 5: 393658.44; 6: 393194.1; 9: 386528.7; 11: Sin Nombre Táchira; 13: Granola; 14: 382151.22; 15: 382121.25.

Cuadro 8
Códigos de genotipificación generados a partir de los patrones de bandas obtenidos con el iniciador STM 0037.

Grupo	Códigos de genotipificación	Genotipos
I	ABBEE	Sin Nombre Táchira y clon promisorio 386528.7 (Táchira).
II	BBBDE	Montañita, Muskainia (392639.1) y Cristalinia (393194.27) (Trujillo).
III	ABBDE	Marilinia (393658.44) y Dorinia (393194.1) (Trujillo).
IV	BBBBB	Granola
V	ABBCE	Clon promisorio 382151.22 y clon promisorio 382121.25 (Táchira)

De acuerdo a la discriminación obtenida con el iniciador STM 0037, los materiales de uso local se distribuyeron en dos de los cinco grupos formados, donde el material denominado Sin Nombre Táchira coincidió, en el código de genotipificación por segregación, con el clon promisorio 386528.7 también de Táchira (grupo I), mientras que Montañita coincidió con Muskainia (392639.1) y Cristalnia (393194.27), procedentes de Trujillo (grupo II).

En el tercer grupo de materiales se observó la unificación de dos variedades de Trujillo: Marilinia y Dorinia (393658.44 y 393194.1, respectivamente), quienes se agruparon como materiales con secuencias idénticas para la porción del genoma explorada con este iniciador.

Sólo el cultivar Granola formó el cuarto grupo, es decir, se mostró como un individuo con secuencia que además de única, fue muy diferente a las secuencias del resto de los individuos evaluados.

Los clones promisorios 382151.22 y 382121.25, ambos de Táchira, quedaron unidos conformando un quinto grupo.

Selección participativa con agricultores o preferencia absoluta

Los criterios de selección que indicaron los agricultores fueron: el follaje (que la hoja no sea tan corrugada), tallos gruesos y abundantes/planta, tubérculos de forma redonda, parecidos a Granola; floración abundante, buena tuberización y buen rendimiento. Con base en esa clasificación de preferencia, Muskainia (392639.1) les gustó por presentar: 1. Follaje excelente, 2. Tallos excelente, 3. Floración excelente, 4. Tubérculos excelentes por forma, 5. Tuberización excelente, 6. Buen rendimiento. Mientras que las variedades de uso local Montañita y Sin Nombre Táchira fueron calificadas como malas por no presentar buenas características de follaje, tallos, tubérculos, tuberización y rendimiento. El clon 382151.22 fue calificado como excelente para follaje, tallos, floración, tubérculos, no obstante, la tuberización y el rendimiento fueron malos, por lo cual recomendaron sembrarlos en pisos altitudinales más bajos.

Evaluación sensorial (características para industria)

La calidad de fritura de acuerdo a las pruebas realizadas a muestras de la localidad Hato Las Pérez, por la empresa PepsiCo Alimentos S.C.A. (cuadro 9), mostraron que los clones y variedades evaluados, no fueron aptos para la fritura con excepción del clon 382121.25.

Cuadro 9

Resultados del análisis de fritura en muestras de papa procedentes de la localidad Hato Las Pérez, municipio Libertador, realizadas en la empresa procesadora PepsiCo Alimentos S.C.A., planta La Grita, estado Táchira.

Variedades y clones	Sólidos	Color		Decoloración		Defectos totales*	Aptitud industrial
		Indeseable	Verde	Interna	Externa		
%							
382151.22	18.5	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	No apta
386528.7	16.1	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	No apta
382121.25	15.2	3.2	3.2	2.8	4.1	13.3	Apta
393194.27 (Cristalinia)	18.2	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	No apta
393658.44 (Marilinia)	16.6	43.5	1.8	12.8	13.2	71.2	No apta
392639.1 (Muskainia)	18.3	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	No apta
393194.1 (Dorinia)	17.9	49.9	5.6	15.8	10.0	81.4	No apta
Sin Nombre Táchira	16.8	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	No apta
Montañita	20.4	45.6	3.8	8.7	6.6	64.8	No apta
Granola	18.3	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	No apta

*Especificación de calidad máximos defectos totales: 15%.

Discusión

Los resultados de emergencia de los materiales de papa Muskainia (392639.1), Dorinia (393194.1), Cristalinia (393194.27) coinciden con los obtenidos por Meza *et al.*, 2009, cuando evaluaron estos clones en la localidad de Cuencas, estado Trujillo, y obtuvieron emergencias superiores al 80%. Porras y Gallardo (2011), encontraron en ensayo ubicado en La Loma, estado Lara, que la variedad Granola alcanzó el mayor porcentaje de emergencia, mientras que Muskainia (392639.1), presentó valores por debajo de 80%; lo cual no coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación. Posiblemente esto debido a las condiciones de campo que difieren para ambos ensayos.

El mayor rendimiento promedio en las cinco localidades, se encontró en el clon 382121.25 (37.05 t.ha⁻¹), mientras que el menor se obtuvo en la variedad Granola (12.41 t.ha⁻¹). Estos resultados coinciden con los de Meza *et al.* (2009), en una evaluación realizada en Cuencas, estado Trujillo, donde la variedad Granola presentó el me-

nor rendimiento. En este mismo ensayo las variedades Cristalinia (393194.27), Dorinia (393194.1) y Mukainia (392639.1) mostraron rendimientos superiores a 30 t ha^{-1} , pero entre ellos no mostraron diferencias significativas. Las respuestas de los genotipos de papa en relación al rendimiento, fueron muy diferentes dentro y entre localidades, lo que confirma que este componente, es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente (Monar *et al.*, 2011). Al comparar el rendimiento por localidad y por años, se observó que las localidades Cuatro Esquinas de Guaraque y la Inmaculada en Mucuchíes fueron iguales entre sí, pero diferentes a CEM, Hato Las Pérez y El Hato en Guaraque que se comportaron igual.

Las variaciones de los ciclos de cultivo de acuerdo a la localidad de estudio, indican que los materiales evaluados son adecuados para zonas por debajo de los 2,500 msnm. Martínez y Ligarreto (2005) señalan que a menor altitud los materiales son más precoces, lo que se puede explicar por el hecho de que a menor altura se aceleran los ciclos de crecimiento de las plantas.

Los resultados de la altura de los materiales de papa evaluados, coinciden con los encontrados por Meza *et al.* (2009), evaluando el comportamiento de clones promisorios en el estado Trujillo. Quintero *et al.* (2009), señalaron que se consideran alturas: bajas entre 40 y 50 cm, medias entre 50-80cm y altas superiores a 80 cm. Por lo tanto, las alturas obtenidas en el presente trabajo se consideran de bajas a medias.

El número de tallos/ m^2 , fue menor en la variedad testigo Granola con cuatro tallos/ m^2 , el resto de los materiales presentaron cinco tallos/ m^2 . Existe una alta correlación entre el número de tallos y el rendimiento, los resultados obtenidos en esta investigación concuerda con esta premisa (Quintero *et al.*, 2009).

La caracterización morfológica de los materiales del estudio, permitió observar baja variabilidad para las características evaluadas. El color de la flor varió, siendo de color blanco para las variedades Cristalinia (393194.27), Dorinia (393194.1), Muskainia (392639.1), Marilinia (393658.44) y la variedad Montañita. Mientras que para los clones 386528.7, 382151.22, 382121.25 y la variedad Sin Nombre Táchira presentaron flor color morado o lila. La piel del tubérculo de los nueve materiales evaluados fue de color blanco crema. La profundidad de los ojos varió de profunda a media. Siendo profunda en las variedades Cristalinia (393194.27), Dorinia (393194.1), Muskainia (392639.1), Marilinia (393658.44) y media en los clones 386528.7, 382151.22, 382121.25 y las variedades de uso local Sin Nombre Táchira y Montañita.

Con la genotipificación por segregación obtenida con el iniciador STM 0037 se observó, por un lado, que la distribución de los individuos estudiados estuvo estrechamente relacionada con el área geográfica de origen de los materiales y, por otro lado, que esos individuos, aunque presentaron características morfológicas similares, mostraron diferencias en sus patrones de bandas que permitió separarlos en cinco grupos bien definidos. Esto último indica que para el segmento del genoma explorado con este iniciador se trata de materiales diferentes y que quizá lo característico o puntual de sus patrones de bandas estén relacionadas con características agronómicas particulares, como es el caso observado en la variedad Granola, utilizada como testigo, la cual quedó separada en un

grupo de secuencia única (BBBBB), siendo el material que presentó menor porcentaje de emergencia, menor altura de plantas, menor número de tallos/m²(4) y menor rendimiento promedio en t.ha⁻¹.

El material de preferencia seleccionado por los productores fue Muskainia (392639.1) por presentar excelentes características morfológicas y agronómicas, de acuerdo al criterio de los agricultores. La selección participativa de clones de papa, donde se evalúa y selecciona con base en el criterio de los agricultores es un tipo de evaluación que permite al agricultor y al investigador seleccionar los mejores clones y posteriormente liberar una variedad que sea de rápida adopción (Orrego *et al.*, 2003).

Con respecto a la calidad de fritura, solo el clon 382121.25, resultó apto en las muestras que procedían del Hato Las Pérez (2,344 msnm). Los componentes más significativos para la industria de procesamiento son los contenidos de almidón y materia seca. Otros componentes que influyen directamente en la calidad y selección de variedades para los procesos de fritura son los azúcares, especialmente glucosa, fructosa y sacarosa que se encuentran en mayor cantidad en la carne del tubérculo (Moreno, 2000; Oviedo-Chávez, 2005).

Conclusiones

La emergencia de los materiales evaluados estuvo por encima del 80 % en promedio para todas las localidades, con rendimientos promedios variables de acuerdo al genotipo y al ambiente, el valor más alto se registró en el clon 382121.25 (37.05 t. ha⁻¹), mientras que el menor rendimiento se observó en la variedad Granola (12.41 t. ha⁻¹).

Las variaciones de los ciclos de cultivo de acuerdo a la localidad de estudio, indica que los materiales evaluados son adecuados para zonas por debajo de los 2,500 msnm.

La altura de los materiales estadísticamente fue igual entre sí, pero diferente de Granola, siendo el número de tallos/m² menor en esta variedad, mientras el resto de los materiales presentaron más de cinco tallos/m².

La caracterización morfológica de los materiales del estudio, permitió observar baja variabilidad para las características evaluadas.

Los patrones de bandas obtenidos con el iniciador STM 0037 describen relaciones entre los individuos relacionadas con su lugar de origen. El cultivar Granola mostró un patrón de banda único que la ubicó en un grupo de genotipificación separado del resto de los individuos evaluados. Los clones 382151.22 y 382121.25, provenientes de Táchira, se ubicaron como únicos componentes del grupo de genotipificación V, coincidiendo que son los individuos que presentan el mayor porcentaje de emergencia y altura de plantas; así como mayor rendimiento y calidad para fritura, respectivamente.

La variedad Muskainia (392639.1) fue el material de mayor aceptación por parte de los agricultores, registrándose en el primer lugar de preferencia.

Los resultados de las pruebas de fritura de las muestras de papa del Hato Las Pérez, mostraron que para las condiciones de siembra y manejo agronómicos utilizados, las variedades y clones de papas evaluadas, no son aptas para la industria, con excepción del clon 382121.25.

Literatura citada

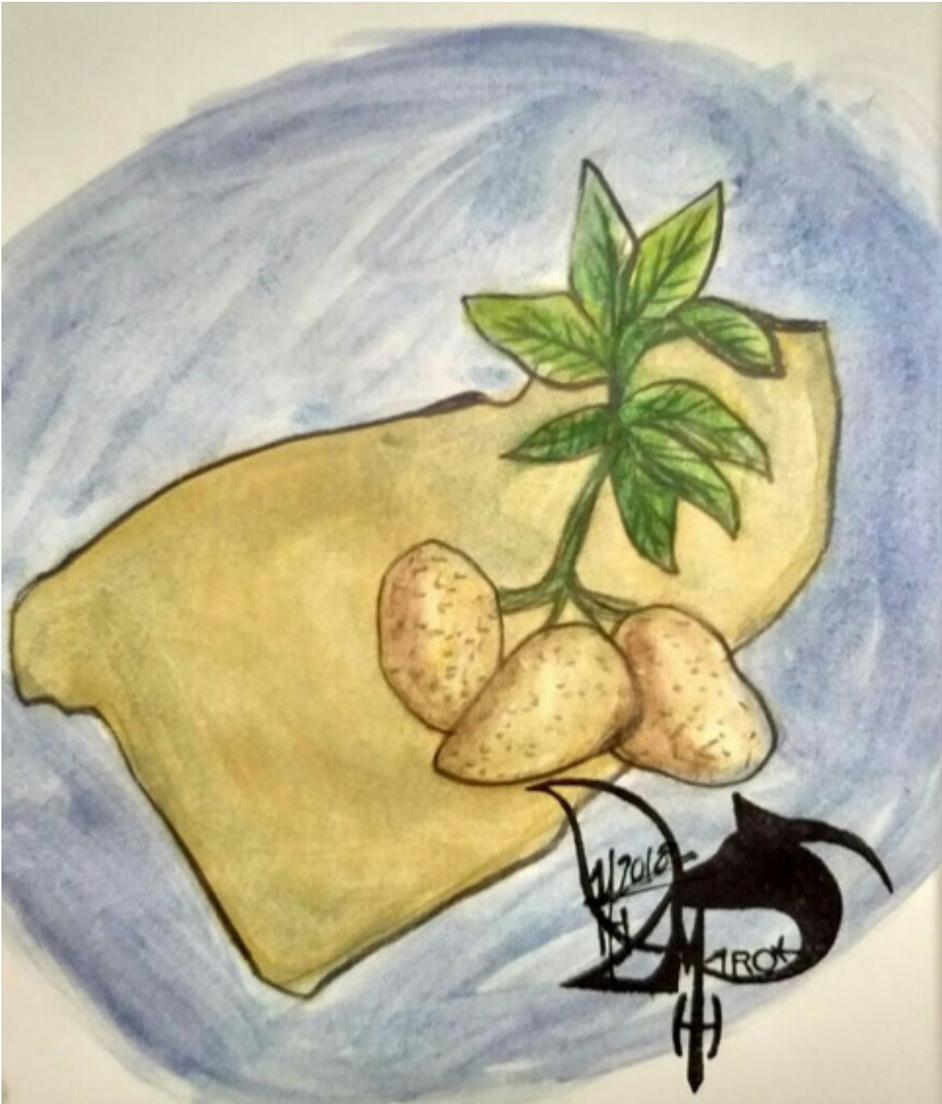
- Ashby, J. A. (1991). *Manual para la evaluación de tecnología con productores*. Proyecto de Investigación Participativa en Agricultura (IPRA) Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 102 pp.
- Cuesta, X.; Andrade, H.; Bastidas, O.; Quevedo, R. y Sherwood, S. Botánica y mejoramiento Genético. Pumisacho, M. y Sherwood, S. Editores. *El cultivo de la papa en Ecuador*. Quito, Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Centro Internacional de la Papa (CIP). (2002). Pp. 33-50.
- Egusquiza, B. (2000). *La Papa: Producción, transformación y comercialización*. Ediciones de la Universidad Nacional Agraria. La Molina, Perú. 192 pp.
- Ezeta, F. (2002). *La competitividad en el cultivo de papa en Latinoamérica y el Caribe: Implicaciones y retos inmediatos*. Memorias del XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP). Quito, Ecuador. 148 pp.
- FAO. (2014). *Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database*. <http://www.fao.org/faostat/en/> (Consultada el 10 de octubre de 2016).
- FEDEAGRO. (2014). *Estadísticas Agropecuarias*. <http://www.fedeagro.org/detalle5.asp?id=145> (Consultada el 10 de octubre de 2016).
- Gutiérrez, A. (2006). *Estrategias Para Mejorar la Comercialización de la Papa en Venezuela*. Mérida, Venezuela. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/13448>. (Consultada 18 de enero de 2016).
- Ghislain, M.; Spooner, D. M.; Rodríguez, F.; Villamón, F.; Núñez, J.; Vásquez, C. y Waugh, R. (2004). Selection of highly informative and user-friendly microsatellites (SSRs) for genotyping of cultivated potato. *Theor. Appl. Genet.* 108: 881-890.
- Huamán, Z. y Gómez, R. (1994). *Descriptores Morfológicos de la Papa para la caracterización básica de colecciones nacionales*. Ediciones del Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 65 pp.
- Infostat. (2014). Software estadístico, versión 12. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Martínez, N. M. y Ligarreto, G. (2005). Evaluación de cinco genotipos promisorios de papa *Solanum tuberosum* sp. andígena según desempeño agronómico y calidad industrial. *Agron. Colomb.* 23(1): 17-27.
- Moreno, J. (2000). Calidad de la papa para usos industriales. *Rev. de la papa Colomb.* 2000: 44-47.
- Monar, C.; Silva, D.; Velasco, I. y Guambuete, I. (2015) Evaluación agronómica de cuatro clones promisorios y tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con investigación participativa, en tres localidades de la Provincia Bolívar. *Rev. Invest. Talentos* 1(1): 77-80.
- Meza, N.; Herrera, J. y Gudiño, S. (2009). Comportamiento de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de Cuencas, estado Trujillo, Venezuela. *Bioagro* 21(2): 149-151.
- Orrego, R.; Ortiz, O. y Bazán, M. (2003). La investigación participativa en las Escuelas de Campo: Selección de clones con resistencia a la ranca. *LEISA Rev. Agroec.* 19(1): 40-45
- Osorio, M.; Végas, A.; Marques, A. y González, L. (2011). Condiciones para la amplificación de microsatélites en cultivares de papa. *Rev. Agron. Trop.* 61(2): 159-165.
- Oviedo-Chávez, A. (2005). *Estudio de características fisicoquímicas de clones promisorios de papa*. Tesis Licenciatura en Química. Universidad Nacional de Ecuador. Quito, Ecuador.
- Porras, E. E. y Gallardo, M. (2011). Caracterización agronómica de materiales genéticos de papa en la localidad Lomas de Cubiro, estado Lara, Venezuela. *Rev. Agron. Trop.* 61(2): 105-111.
- Quintero, I.; Montero, F.; Zambrano, J.; Meza, N.; Maffei, M.; Valera, A.; y Álvarez, R. (2009). Evaluación de once clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el estado Trujillo. I Crecimiento, desarrollo y rendimiento. *Rev. Fac. Agron. Univ. de Zulia* 26: 362-381.
- Secor, G. y Rivera-Varas, V. (2004). Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America. *Rev. Latinoam. de la Papa* 10(1): 1-8.

Recibido: 18 de abril de 2017

Envío arbitraje: 03 de mayo de 2017

Dictamen: 16 de abril de 2018

Aceptado: 20 de agosto de 2018



Nombre: *Papa yucateca*
Autora: Marisol Herrera
Técnica: Acuarela
Medidas: 21 cm x 14 cm

Temperaturas previas y aclimatación en yemas florales de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] expuestas a congelación

Previous temperatures and acclimation on peach [*Prunus persica* (L.) Batsch.] flower buds exposed to freezing

Javier Emilio Chaar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria Junín
Isidoro Busquets s/n, La Colonia, Junín
Mendoza, República Argentina
Correspondencia: chaar.javier@inta.gob.ar

Resumen

Los árboles frutales caducifolios poseen un periodo de reposo durante el invierno, que les permite tolerar temperaturas bajas extremas con un mínimo de actividad, minimizando también el daño a sus órganos. Durante este periodo ocurren modificaciones dentro de la planta en función de los factores ambientales, principalmente de la temperatura del aire, lo cual repercute en cambios en la susceptibilidad al daño por congelación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las temperaturas previas a la ocurrencia de valores bajo cero en la resistencia a la congelación de yemas florales, en dos cultivares de duraznero con diferente época de floración y en dos momentos de reposo otoño-invernal. Para ello, brindillas de duraznero cv. Aurelia y cv. *Spring Lady* fueron expuestas a temperaturas previas de aclimatación y desaclimatación, simulándose luego heladas en un congelador. En la simulación de junio, la temperatura previa de desaclimatación aumentó la temperatura letal media (TL_{50}) en ambos cultivares; es decir, la mitad de las yemas florales mostró daño a temperaturas negativas menos extremas. Sin embargo, en la simulación de

Abstract

Deciduous fruit trees have a winter rest period that allows them to tolerate extreme low temperatures with minimal activity, minimizing organs damage. During this period, changes occur within the plant depending on environmental factors, mainly air temperature, which affect changes in susceptibility to freezing damage. The aim of this work was to assess the effect of temperatures previous to subzero values occurrence on freeze resistance of bud flowers, in two peach cultivars with different flowering date, in two moments of winter rest. For it, stems of peach cv. Aurelia and cv. *Spring Lady* were exposed to previous acclimation and de-acclimation temperatures, and later simulating frosts in a freezer. On June simulation, previous de-acclimation temperature increases average lethal temperature (LT_{50}) on both cultivars; namely, half of bud flowers showed damage at less extreme negative temperatures. Nevertheless, on July frost simulation only this response was observed in cv. *Spring Lady*, which was still at rest. In this cultivar, de-acclimation was higher than re-acclimation, after one day at temperature level opposite to the initial.

helada de julio sólo se observó esta respuesta en el cv. *Spring Lady*, que aún se encontraba en reposo. En este cultivar, la desaclimatación fue mayor que la reaclimatación, luego de un día al nivel de temperatura opuesto al inicial. Las temperaturas previas a la ocurrencia de heladas modificaron la resistencia de las yemas florales de duraznero, variando el efecto con el cultivar considerado y el momento dentro del reposo invernal.

Palabras clave

Cambio climático, dormancia, helada, reposo invernal.

Keywords

Climate change, dormancy, frost, winter rest.

Introducción

Los árboles frutales caducifolios poseen un periodo de reposo durante el invierno denominado dormición, que les permite tolerar temperaturas bajas extremas con un mínimo de actividad, minimizando también el daño a sus órganos. Durante este periodo ocurren modificaciones bioquímicas y morfológicas dentro de la planta en función de los factores ambientales, principalmente la temperatura del aire, lo cual repercute en cambios en la susceptibilidad al daño por congelación. Según Rowland *et al.* (2005), la respuesta de desaclimatación de las yemas debería considerarse en los programas de mejoramiento orientados a aumentar la supervivencia invernal y primaveral, además de la resistencia de las yemas en pleno invierno.

Para salir del reposo, las yemas deben primero estar expuestas a temperaturas bajas, periodo considerado de acumulación de frío; luego deben estar expuestas a temperaturas moderadas, siendo este periodo de acumulación de calor. Estas dos etapas diferenciadas son conocidas como endodormancia y ecodormancia, respectivamente (Lang *et al.*, 1987). En plantas perennes leñosas, las temperaturas cálidas tienen en general una baja capacidad de inducir desaclimatación por debajo de un nivel mínimo de resistencia, hasta que la endodormancia esté completa (Kalberer *et al.*, 2006). Luego de cumplirse los requerimientos de frío, aumentos sustanciales en la temperatura pueden disminuir directamente la resistencia al frío en unos pocos días, estando la desaclimatación regulada principalmente por la temperatura (Saxe *et al.*, 2001). Al final del invierno, luego de periodos cálidos se han registrado graves daños por heladas en plantas leñosas (Pukacki y Kamińska-Rożek, 2013).

Existe controversia en cuanto a los efectos probables del calentamiento global en la ocurrencia de daños por heladas (Chaar, 2013). Según Pagter *et al.* (2011), el calentamiento global puede aumentar el riesgo de daño por heladas en las plantas. Hänninen

(1991) menciona que el aumento de temperatura previsto para el siglo veintiuno, podría conducir a un aumento del daño por heladas en los tejidos vegetales, debido a la aceleración del desarrollo fenológico y a la desaclimatación primaveral. Bélanger *et al.* (2001) mencionan que a pesar de que el cambio climático afectará positivamente a los cultivos frutales, la ocurrencia de accidentes climáticos probablemente será más frecuente. Según Arora y Rowland (2011), la aclimatación y la desaclimatación poseen una importancia crítica para la supervivencia invernal, debido a la ocurrencia de eventos climáticos extremos y fuera de temporada, en un contexto de cambio climático. Aun dentro del periodo de reposo invernal, temperaturas bajas extremas podrían dañar los órganos reproductivos (yemas florales), disminuyendo de esta forma el número potencial de puntos de fructificación. Por lo tanto, aunque actualmente tales temperaturas extremas no ocurren a nivel local, es necesario obtener información para predecir el comportamiento de los materiales genéticos actualmente disponibles en Mendoza, Argentina, ante un posible nuevo escenario global.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las temperaturas previas a la ocurrencia de valores bajo cero sobre la resistencia a la congelación de yemas florales, en dos cultivares de duraznero de diferente época de floración y en dos momentos del reposo otoño-invernal.

Materiales y métodos

Material experimental y sitio

Para los ensayos experimentales se utilizaron ramos del año (brindillas) provenientes de plantas adultas de una colección de cultivares de duraznero para consumo en fresco, ubicada en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Junín, provincia de Mendoza (33° 6' 57.5" Sur; 68° 29' 4" Oeste; 653 msnm). La fecha media de la primera helada meteorológica (0 °C) es el 24 de mayo, y agronómica (3 °C) el 30 de abril. La fecha media de la última helada meteorológica es el 6 de septiembre, y agronómica el 2 de octubre (Oficina de Riesgo Agropecuario, 2018). Los cultivares evaluados fueron "Aurelia", de floración temprana, y "Spring Lady" de floración media para la especie.

Temperaturas previas en cámara de aclimatación

En la figura 1, se resumen los tratamientos de temperaturas a las cuales fueron sometidas las brindillas de duraznero, previamente a la simulación de helada. En cada tratamiento se utilizaron cuatro repeticiones (brindillas con más de 10 yemas florales cada una).

Fecha 1

El 19 de junio de 2014 se colocaron las brindillas en frascos de vidrio de 500 ml con agua en la base, los cuales se mantuvieron en cámara a temperatura constante, por un periodo de cinco días consecutivos. Los niveles de temperatura de cada cámara fueron:

T1: 6 °C (aclimatación)

T2: 20 °C (desaclimatación)

Fecha 2

El 24 de julio de 2014 el cv. Aurelia se encontraba con la mayor parte de sus yemas florales en el estado fenológico de corola visible (D) y el cv. *Spring Lady* en yema en reposo (A), según Baggiolini (1952). Se repitió el método utilizado en la fecha 1, agregando las combinaciones de temperatura T3 y T4:

T1: 6 °C

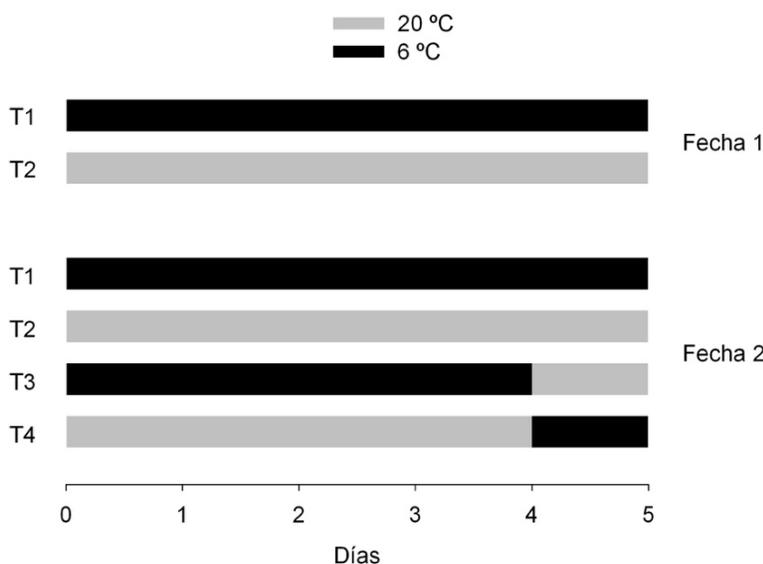
T2: 20 °C

T3: 4 días a 6 °C y 1 día a 20 °C (periodo corto de desaclimatación)

T4: 4 días a 20 °C y 1 día a 6 °C (desaclimatación / reaclimatación)

Figura 1

Esquema de las temperaturas a las cuales fueron expuestas las brindillas de duraznero, previamente a la simulación de helada.



T1: 6 °C; T2: 20 °C; T3: 4 días a 6 °C y 1 día a 20 °C (periodo corto de desaclimatación); T4: 4 días a 20 °C y 1 día a 6 °C (desaclimatación / reaclimatación).

Simulación de heladas en congelador

Luego de los periodos en cámara a temperatura controlada, se sometieron las brindillas a descensos térmicos artificiales en un congelador (marca NEBA) con un controlador de temperatura (marca AKO), simulando la ocurrencia de heladas a campo. Se incorporó un ventilador al interior del congelador, para evitar la estratificación del aire y lograr así la homogeneización de la temperatura en su volumen. Se redujo la temperatura a una tasa de 4 °C / h, retirando los distintos tratamientos de frío al llegar a la temperatura del tratamiento (-3.8, -10.7 y -17.2 °C). Se utilizó como testigo para cada cultivar una

muestra a temperatura ambiente, de cuatro ramos con al menos 10 yemas florales cada uno. La temperatura del aire en el congelador se registró durante los experimentos con un sensor marca HOBO modelo U12, con un intervalo de dos segundos entre mediciones.

Luego de los tratamientos de frío, las brindillas se mantuvieron durante 16 horas a temperatura ambiente de laboratorio, con agua en la base de los frascos, para evitar su deshidratación. Para la determinación del daño por frío, se observaron los gineceos mediante lupa estereoscópica marca “Zeiss” modelo “Stemi DV4” (32 x), clasificándose como dañados aquellos tejidos de coloración marrón (Buyukyilmaz y Kester, 1976; Szalay *et al.*, 2010). La temperatura letal media (TL_{50}) se determinó gráficamente, a partir de proyección vertical de la intersección entre la curva de daño según temperatura y la línea horizontal correspondiente a la proporción de gineceos dañados de 0.5.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, siendo los tratamientos la combinación de cultivar (Aurelia y *Spring Lady*) por el nivel de temperatura previa, con cuatro repeticiones (brindillas) por tratamiento.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa InfoStat/Profesional (InfoStat, 2006).

Resultados

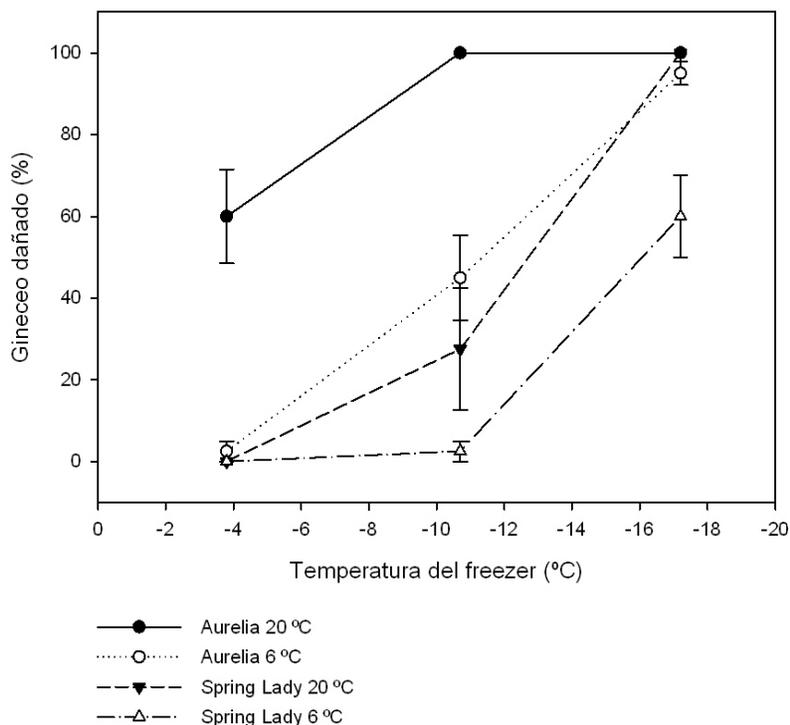
Fecha 1

En ambos cultivares, la temperatura previa elevada aceleró la desaclimatación de las yemas florales, aumentando el daño a las temperaturas bajo cero estudiadas (figura 2). La temperatura previa de desaclimatación aumentó la TL_{50} , es decir, la mitad de las yemas florales mostró daño a temperaturas negativas menos extremas (cuadro 1).

A su vez, las yemas del cultivar Aurelia fueron dañadas en mayor proporción que las del cultivar *Spring Lady*.

Figura 2

Porcentaje medio de gineceos dañados en yemas florales de dos cultivares de duraznero, según temperaturas previas a la simulación de helada (fecha de recolección de brindillas: 19-6-2014).



Cuadro 1

Temperatura letal media de yemas florales de duraznero, según cultivar y nivel de temperaturas previas (fecha 1).

Cultivar	Nivel de temperaturas previas	TL ₅₀ (°C)
<i>Spring Lady</i>	1 (6 °C)	-16.1
	2 (20 °C)	-12.7
Aurelia	1 (6 °C)	-11.4
	2 (20 °C)	> -4.0

TL₅₀: temperatura letal media.

Fecha 2

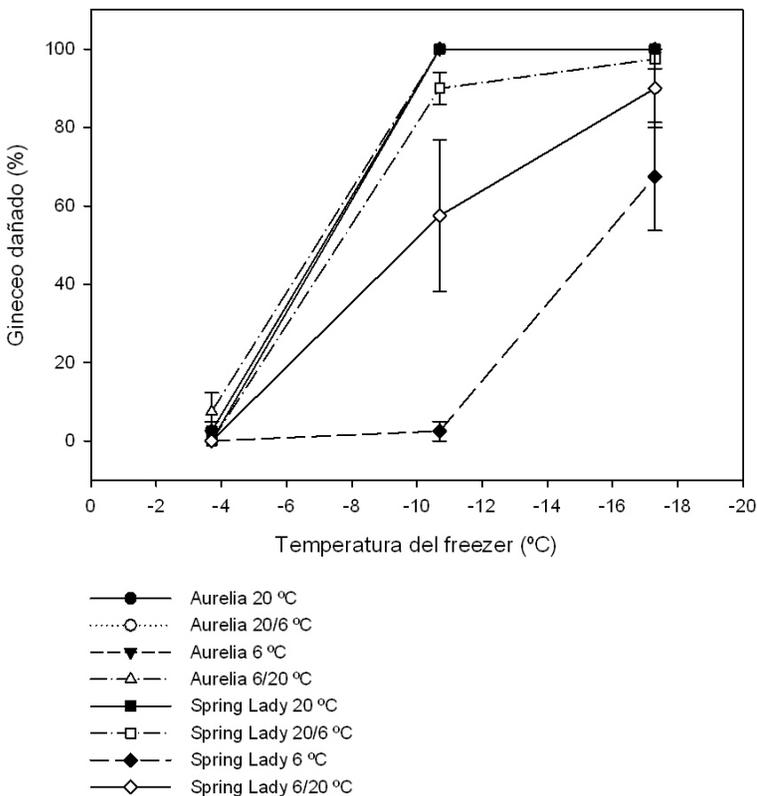
Luego del paso por la cámara, las yemas del cv. Aurelia de T2 y T4 se encontraban en el estado fenológico de flor abierta (F), indicando que cuatro días a 20 °C son suficientes para el desarrollo de la yema floral observado.

Si bien no hubo diferencias en el porcentaje de daño de las yemas florales de Aurelia entre tratamientos T1 y T2, en *Spring Lady*, el daño de las yemas florales aclimatadas durante cinco días fue marcadamente menor (figura 3).

La desaclimatación de *Spring Lady* ($TL_{50} = -15.5$ °C en T1 vs. -9.8 °C en T3; pérdida de un 36.8 % de resistencia) fue mayor que la reaclimatación ($TL_{50} = -7.1$ °C en T2 vs. -7.6 °C en T4; aumento de un 7.0 % en la resistencia), luego de un día al nivel de temperatura opuesto al inicial (cuadro 2).

Figura 3

Porcentaje medio de gineceos dañados en yemas florales de dos cultivares de duraznero, según temperaturas previas a la simulación de helada (fecha de recolección de brindillas: 24-7-2014).



Cuadro 2

Temperatura letal media de yemas florales de duraznero, según cultivar y nivel de temperaturas previas (fecha 2).

Cultivar	Nivel de temperaturas previas	TL ₅₀ (°C)
<i>Spring Lady</i>	1 (6 °C)	-15.5
	2 (20 °C)	-7.1
	3 (6/20 °C)	-9.8
	4 (20/6 °C)	-7.6
Aurelia	1 (6 °C)	-7.1
	2 (20 °C)	-7.2
	3 (6/20 °C)	-6.9
	4 (20/6 °C)	-7.1

TL₅₀: temperatura letal media.

Discusión

En la fecha 1, el mayor daño observado en las yemas florales del cv. Aurelia evidencia su desarrollo más avanzado en comparación con las yemas florales del cv. *Spring Lady*. El cv. Aurelia posee un requerimiento para salir de la endodormancia de apenas 118 unidades de frío (Navarro, 2016), por lo cual un periodo de temperaturas elevadas puede iniciar el desarrollo de la floración, acompañado esto por una drástica disminución de la resistencia de los órganos reproductivos. En el cv. *Spring Lady* el requerimiento de frío es mayor, siendo necesario cubrir 294 unidades de frío (Navarro, 2016) para el desencadenamiento de la floración por temperaturas elevadas. De manera similar, Rowland *et al.* (2005) encontraron en arándano (*Vaccinium spp.*) una fuerte correlación entre la resistencia al frío de las yemas y el estado fenológico.

En la fecha 2, la mayor desaclimatación observada en el cv. *Spring Lady* en relación a la reaclimatación, concuerda con lo mencionado por Aniško *et al.* (1994), a partir de la determinación de la temperatura mínima de supervivencia de *Liquidambar styraciflua* (L.) para tres inviernos consecutivos, donde pudieron observar cómo la resistencia de la misma planta puede variar entre años, siendo la fase de desaclimatación más variable que la de aclimatación. Gonzalez-Antivilo *et al.* (2017) observaron en vid (*Vitis vinifera* L.) que la elevada amplitud térmica diaria está parcialmente involucrada en la desaclimatación, lo cual provoca daño por frío en la base del tronco. También en vid, Rubio *et al.* (2016) mencionan una disminución en la resistencia al frío en yemas en reposo invernal expuestas previamente a 14 °C, en comparación con las expuestas a 5 °C. Según Pukacki y Kamińska-Rożek (2013), las diferencias genéticas entre poblaciones de píceas de Noruega (*Picea abies* L.) afectaron al sistema antioxidante con menos fuerza que las condiciones climáticas cambiantes del sitio de cultivo. Poirier *et al.* (2010) observaron en nogal (*Juglans regia* L.) que la resistencia al frío de tallos de un año dependió de

la historia climática de los árboles, correlacionándose la TL_{50} con el promedio de temperaturas mínimas diarias de los últimos 15 días. Al respecto, Coleman (1992) menciona que para manzanos (*Malus domestica* Borkh.) en Canadá la temperatura mínima no fue la variable principal en controlar el daño invernal de brotes; la variable climática más importante fue la temperatura máxima del aire en febrero (invierno en el hemisferio norte).

El cv. Aurelia, de bajo requerimiento de frío y floración temprana, sólo respondió a las temperaturas previas en la primera fecha de experimentación, disminuyendo su daño por congelación en yemas florales luego de cinco días a baja temperatura constante. En la segunda fecha de experimentación (24 de julio) ya poseía sus yemas florales en estado D, siendo nulo el efecto de la baja temperatura en la aclimatación previa a la helada. Por el contrario, el cv. *Spring Lady* mostró aclimatación en ambas fechas, caracterizándose por una floración mucho más tardía que el cv. Aurelia.

En la fecha 2 sus yemas florales aún estaban en estado de reposo (A). Por lo tanto, la respuesta de las yemas florales de duraznero a las temperaturas previas a la ocurrencia de heladas invernales, en cuanto a su resistencia a la congelación, es variable según los requerimientos térmicos otoño-invernales de los cultivares, los cuales determinan el estado de dormición de sus yemas florales en determinado momento del reposo. El comportamiento del cv. *Spring Lady* concuerda con lo observado por Erez *et al.* (1998) en duraznero cv. Winblo, donde la temperatura elevada tuvo un efecto de forzado, liberando agua en las yemas que se encontraban en endodormancia. Aún en endodormancia, temperaturas cálidas previamente a la ocurrencia de heladas pueden aumentar la susceptibilidad al daño por congelación. Según Ferguson *et al.* (2011), temperaturas otoñales más cálidas pueden asociarse con una lenta aclimatación al frío, y periodos cálidos fuera de temporada se asocian con la pérdida de resistencia al frío. Esto puede predisponer a las plantas al posterior daño por frío, especialmente si los episodios cálidos son seguidos por frío extremo.

Conclusiones

Las temperaturas previas a la ocurrencia de heladas modificaron la resistencia de las yemas florales de duraznero, variando el efecto con el cultivar considerado y el momento dentro del reposo invernal.

Sugerencias

Se propone que se realicen estudios complementarios que permitan predecir con mayor precisión los daños causados por las bajas temperaturas invernales en los cultivos frutales, anticipándose así a escenarios futuros de inviernos con periodos más cálidos.

Agradecimientos

El presente estudio fue financiado por el Proyecto CIAC-940142, en el marco del Convenio INTA-AUDEAS-CONADEV.

Literatura citada

- Aniško, T.; Lindstrom, O. M. and Hoogenboom, G. (1994). Development of a cold hardiness model for deciduous woody plants. *Physiol. Plant* 91: 375-382.
- Arora, R. and Rowland, L. J. (2011). Physiological research on winter-hardiness: deacclimation resistance, reacclimation ability, photoprotection strategies, and a cold acclimation protocol design. *HortSci.* 46(8): 1070-1078.
- Baggiolini, M. (1952). Stade repères du pecher. *Revue Romande d'Agriculture, Viticulture et Arboriculture* 4: 29.
- Bélanger, G.; Rochette, P.; Bootsma, A.; Castonguay, Y. and Mongrain, D. (2001). Impact of climate change on risk of winter damage to agricultural perennial plants. *Climate Change Action Fund*, Final Report.
- Buyukyilmaz, M. and Kester, D. E. (1976). Comparative hardiness of flower buds and blossoms of some almond genotypes in relation to time of bloom and leafing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(4): 344-347.
- Chaar, J. E. (2013). Resistencia a heladas en plantas frutales. *AIA.* 17(3): 109-121.
- Coleman, W. K. (1992). A proposed winter-injury classification for apple trees on the northern fringe of commercial production. *Can. J. Plant Sci.* 72: 507-516.
- Erez, A.; Faust, M. and Line, M. J. (1998). Changes in water status in peach buds on induction, development and release from dormancy. *Sci. Hort.* 73: 111-123.
- Ferguson, J. C.; Tarara, J. M.; Mills, L. J.; Grove G. G. and Keller, M. (2011). Dynamic thermal time model of cold hardiness for dormant grapevine buds. *Ann. Bot.* 107: 389-396.
- Gonzalez-Antivilo, F.; Paz, R. C.; Keller, M.; Borgo, R.; Tognetti, J. and Roig-Juñent, F. (2017). Macro- and microclimate conditions may alter grapevine deacclimation: variation in thermal amplitude in two contrasting wine regions from North and South America. *Int. J. Biometeorol* 61: 2033-2045.
- Hänninen, H. (1991). Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant Cell Environ* 14: 449-454.
- InfoStat. (2006). *InfoStat*. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Kalberer, S. R.; Wisniewski, M. and Arora, R. (2006). Deacclimation and reacclimation of cold-hardy plants: current understanding and emerging concepts. *Plant Sci.* 171: 3-16.
- Lang, G. A.; Early, J. D.; Martin, G. C. and Darrell, R. L. (1987). Endo-, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortSci.* 22: 371-377.
- Navarro, R. (2016). Determinación de requerimientos térmicos y métodos para identificar el momento de salida de endodormancia en diferentes cultivares de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch] y ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.). Informe de Beca. Proyecto CIAC 940142.
- Oficina de Riesgo Agropecuario (2018). *Estadísticas meteorológicas decadales*. http://www.ora.gov.ar/eval_decadial.php (Consultada el 11 de agosto de 2018).
- Pagter, M.; Hausman, J. F. and Arora, R. (2011). Deacclimation kinetics and carbohydrate changes in stem tissues of *Hydrangea* in response to an experimental warm spell. *Plant Sci.* 180: 140-148.
- Poirier, M.; Lacoite, A. and Améglio, T. (2010). A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem. *Tree Physiol.* 30: 1555-1569.
- Pukacki, P. M. and Kami ska-Ro ek, E. (2013). Reactive species, antioxidants and cold tolerance during deacclimation of *Picea abies* populations. *Acta Physiol. Plant* 35(1): 129-138.
- Rowland, L. J.; Ogden, E. L.; Ehlenfeldt, M. K. and Vinyard, B. (2005). Cold hardiness, deacclimation kinetics, and bud development among 12 diverse blueberry genotypes under field conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(4): 508-514.
- Rubio, S.; Dantas, D.; Bressan-Smith, R. and Pérez, F. J. (2016). Relationship between endodormancy and cold hardiness in grapevine buds. *J. Plant Growth Regul.* 35: 266-275.

Saxe, H.; Cannell, M. G. R.; Johnsen, Ø.; Ryan, M. G. and Vourlitis, G. (2001). Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytol.* 149:369-400.

Szalay, L.; Timon, B.; Németh, S.; Papp, J. and Tóth, M. (2010). Hardening and dehardening of peach flower buds. *HortSci.* 45(5): 761-765.

Recibido: 09 de enero de 2018

Envío arbitraje: 11 de enero de 2018

Dictamen: 10 de agosto de 2018

Aceptado: 17 de agosto de 2018



Nombre: *Duraznero*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: Tinta azul
Medidas: 8.5 cm x 11.7 cm

Estimación de la producción de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) de la cerdaza

Estimation of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) production from swine manure.

Angélica Anahí Pérez Díaz¹; René Pinto Ruiz^{2*}; Alejandro Ley de Coss²; Roselia Ramírez Díaz²; Luis Fernando Molina Paniagua²; Francisco Guevara Hernández² y José Apolino Venegas Vengas²

¹ Estudiante de la licenciatura de ingeniero agrónomo
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad Autónoma de Chiapas
Carretera Ocozocoautla-Villaflores, km 80.
Villaflores, Chiapas, México

² Universidad Autónoma de Chiapas
Facultad de Ciencias Agronómicas
Carretera Ocozocoautla-Villaflores, km 80
Villaflores, Chiapas, México

* Correspondencia: pinto_ruiz@yahoo.com.mx

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estimar la producción de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) de la cerdaza utilizando adecuaciones a la técnica de gas *in vitro*. El estudio se llevó a cabo con cerdaza producida en la región Frailesca, Chiapas, México. A la cerdaza se le realizó análisis químico proximal y se llevó a cabo la fermentación *in vitro*, por la técnica de producción de gas. Las variables en estudio fueron: volumen máximo (Vm; ml g⁻¹), tasa (S; h⁻¹) y tiempo de retardo (L; h) de producción de gas, digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fracciones fermentables y se midió la emisión de gases (CO₂, CH₄ más gases menores). La composición química y digestibilidad *in vitro* de la cerdaza fue inferior en comparación a otras excretas de uso pecuario y sus parámetros de fermentación pudieron verse afectados por el contenido de cobre. Del total de gases producidos en la fermentación a

Abstract

The production of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) from the sow produced in the Frailesca region, Chiapas, Mexico was estimated. The objective of this work was to estimate the production of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) of the cerdaza using adaptations to the *in vitro* gas technique. A proximal chemical analysis was performed on the sow and *in vitro* fermentation was determined by the gas production technique. The variables were: maximum volume (Vm, ml g⁻¹), rate (S, h⁻¹) and time delay (L; h) of gas production, *in vitro* digestibility of the dry matter (DIVMS), fermentable fractions and the emission of gases (CH₄, CO₂ and minor gases) was measured. The chemical composition and *in vitro* digestibility of the sow was lower compared to other excreta for livestock use and its fermentation parameters could be affected by the copper content. Of the total of gases produced by fermenta-

las 24 horas (h) (12.616 ml g⁻¹), la producción de CO₂ constituyó el 67% y el 25.03% fue de metano. Se concluyó que, la calidad nutritiva de la cerdaza puede ser clave para buscar la posibilidad de disminuir la producción de metano entérico y puede ser usada como ingrediente en la dieta de bovinos, pero se debe restringir el uso en ovinos.

Palabras clave

Gases efecto invernadero, calidad nutritiva, fermentación *in vitro*.

tation at 24 h (12,616 ml g⁻¹), the production of CO₂ was 67 % and 25.03 % of CH₄. It was concluded that, the nutritional quality of the sow could be key to look for possibilities to decrease the production of enteric methane and can be used as an ingredient in the diet of bovines, but should be restricted in sheep.

Keywords

Greenhouse gases, nutritional quality, *in vitro* fermentation.

Introducción

El calentamiento global es uno de los principales problemas actuales en el mundo, por aumento de la temperatura de la superficie de la tierra debido al alto volumen de gases de efecto invernadero (GEI) (Semarnat, 2009). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) menciona que la ganadería representa una importante fuente de GEI, principalmente por las emisiones del gas metano (CH₄). De tal manera, la estimación de la generación de gases producto de la actividad ganadera, se ha convertido en un reto para el sector agropecuario en general, pues es necesario seguir produciendo alimentos de origen animal para cumplir con la demanda y la seguridad alimentaria de la población.

La producción de alimento para cerdos representa una fuente importante de emisiones de GEI y representa 46 % de las emisiones; la segunda fuente más importante de las emisiones corresponde al almacenamiento del estiércol con 27 %; y el resto de las emisiones se asocian con la fabricación de fertilizantes, el uso de maquinaria y el transporte relacionados con la producción de piensos que representa 27 % (Rodríguez *et al.*, 2017). Por lo anterior, es necesario establecer estrategias para mitigar el impacto ambiental provocado por la actividad porcícola. En este sentido, se ha propuesto el uso de la excreta de los cerdos (cerdaza) para la alimentación de rumiantes, lo que contribuye a elevar la productividad y rentabilidad ganadera por ser un material con un valor nutricional de interés y de bajo costo (Quintana *et al.*, 2004), pero además, es una alternativa para deshacerse de las excretas como producto contaminante. No obstante, es necesario conocer la emisión de GEI de cerdaza como alimento para rumiantes.

Por otro lado, las técnicas *in vitro* se utilizan como medio rápido y preciso para conocer las características de fermentación y degradación de los componentes del alimento (Makkar *et al.*, 1995). Recientemente se le han hecho modificaciones para poder acercarse, de manera indirecta, a la estimación de gases que contribuyen con el efecto invernadero (Chávez y Martínez, 2014). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es estimar la producción de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) de la cerdaza producida en Chiapas utilizando la técnica de gas *in vitro*.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V, Universidad Autónoma de Chiapas. Las muestras de la cerdaza evaluadas en este estudio se obtuvieron en la empresa porcícola más importante del estado de Chiapas, localizada en el municipio de Ocozocoautla. La cerdaza se obtuvo de cerdos en desarrollo y estuvo conformada por excretas, orina y residuos de alimentos de la granja. Para la obtención de la cerdaza, en la empresa porcícola se realiza el siguiente proceso: la cerdaza es canalizada, con agua, a una fosa, de allí se extrae la suspensión para pasarla a través de una malla de acero inoxidable; el efluente se desecha y el residuo sólido se separa y exprime mediante la presión con un tornillo sin fin, y finalmente pasa por un proceso de secado. Posteriormente, la excreta es almacenada y terminado el ciclo de producción, es comercializada. Se obtuvieron muestras de cerdaza de ocho ciclos de producción, estos muestreos se realizaron directamente del área de distribución a venta. Las muestras fueron transportadas en frascos de vidrio cerrados herméticamente y fueron analizadas inmediatamente después de la colecta.

Composición química: cada muestra se analizó por triplicado, para determinar los contenidos de proteína cruda (PC), de acuerdo a la técnica del micro Kjeldahl (Bate-man, 1970), cenizas (CE) y materia orgánica (MO) según AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1990), y las fracciones de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) se determinaron según la técnica de Van Soest (1994).

Producción de gas y digestibilidad *in vitro*: La técnica utilizada para la cinética de fermentación fue descrita por Menke y Steingass (1988). Para lo cual se usaron frascos color ámbar de 125 ml de capacidad a los que se les colocó 0.5 g de MS de cerdaza. Posteriormente y bajo un flujo continuo de bióxido de carbono (CO₂), a cada frasco se le agregaron 90 ml de inóculo ruminal diluido (1:10) el cual se obtuvo de dos ovinos de la raza Pelibuey, se filtró a través de ocho capas de tela de gasa y se adicionó en una proporción de 1:9 a una solución mineral reducida compuesta de K₂HPO₄ (0.45 g L⁻¹), KH₂PO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCO₃ (0.6 g L⁻¹), (NH₄)₂SO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCl (0.9 g L⁻¹), MnSO₄ (0.18 g L⁻¹), CaCl₂ (0.12 g L⁻¹), L-cisteína (0.25 g L⁻¹) y Na₂S (0.25 g L⁻¹). Se incluyeron tres frascos blancos sin sustrato, se cerraron herméticamente con un tapón de goma y un aro de aluminio. El exceso de CO₂ de cada frasco se extrajo con el manómetro hasta igualar la presión a cero y se incubaron en baño María a 39 °C. La presión de gas de fermentación se midió con el manómetro (0 a 1 kg cm⁻²) a 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 18, 24, 30, 36, 44, 52, 60 y 72 horas de incubación. Por otro lado, utilizando la técnica descrita anteriormente se incubaron muestras de cerdaza a 3, 6, 9, 12, 24, 36 y 48 h; al final del periodo de incubación, el residuo de cada frasco se filtró a través de papel de filtrado previamente pesado. Los papeles con residuo se secaron a 65 °C por 48 h y se pesaron. Por diferencia de peso se obtuvo la MS residual para determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) a diferentes horas de incubación.

Variables analizadas: Los valores de presión (kg cm⁻²) se transformaron a volumen de gas (ml g⁻¹ sustrato) con la ecuación de regresión (volumen = presión/0.019). Por un

lado, se obtuvo el volumen acumulado de gas de 0 a 72 h de incubación, y se estimaron los parámetros de cinética de producción de gas: volumen máximo (V_m; ml g⁻¹), tasa (S; h⁻¹) y tiempo de retardo (L; h), para el modelo logístico $V = V_m / (1 + e^{(2.4S)(T-L)})$ (Schofield y Pell, 1995) y se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS, 2004). Por otro lado, las fracciones de fermentación se obtuvieron mediante el volumen fraccional (V_f) de gas de fermentación producido a tres intervalos de tiempo: 0 a 8 (FR₀₋₈), 8 a 24 (FLM₈₋₂₄) y 24 a 72 (FL₂₄₋₇₂) horas de incubación. Estos volúmenes fraccionales (ml g⁻¹) fueron transformados a fracciones (g kg⁻¹) de rápida (FR), media (FM) y lenta (FL) fermentación mediante las siguientes ecuaciones de regresión, de acuerdo con Miranda *et al.* (2015):

$$FR \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = V_{f_{0-8}} / 0.4266 \text{ (R}^2 = 0.9441\text{)}$$

$$FM \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = V_{f_{8-24}} / 0.6152 \text{ (R}^2 = 0.998\text{)}$$

$$FL \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = V_{f_{24-72}} / 0.3453 \text{ (R}^2 = 0.9653\text{)}$$

Para determinar los porcentajes de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) más gases menores (H₂, H₂S, O₂, NH₃), se siguió la metodología descrita anteriormente para 72 h de incubación. El volumen total de gas se midió cada seis horas, con una jeringa de 60 ml de capacidad. En cada medición, el volumen contenido en la jeringa fue transferido por inyección a otro frasco cerrado herméticamente que contenía una solución de hidróxido de potasio (KOH) (1 M) y se mezcló perfectamente para fijar el bióxido de carbono, sin dejar de presionar el émbolo de la jeringa. Después se liberó el émbolo de la jeringa con el fin de medir el volumen de gas residual, correspondiente a metano y gases menores. Por diferencia se obtuvo el volumen de CO₂ producido durante 24 horas (Chávez y Martínez, 2014).

Análisis estadístico: se hizo un análisis de varianza con un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, para las fracciones de fermentación rápida, media y lenta se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (SAS, 2004).

Resultados

En el cuadro 1, se presenta la composición química de la cerdaza (en porcentaje). Para el caso de la MS se obtuvo un valor de 94.48 %, el valor promedio obtenido de la PC fue de 19.31 %, mientras que el contenido promedio de FDN fue de 39.20 % y 25.11 % para FDA.

Cuadro 1
Composición química de la cerdaza producida en el centro de Chiapas.

Determinación	%	Valor mínimo	Valor máximo	DE
MS	94.48	93.7	95.5	0.565
PC	19.31	18.72	19.89	0.469
MO	78.75	79.57	80.95	0.906
Ce	19.39	19.04	20.42	0.734
FDN	39.20	35.6	42.8	1.750
FDA	25.11	22.36	25.85	1.238

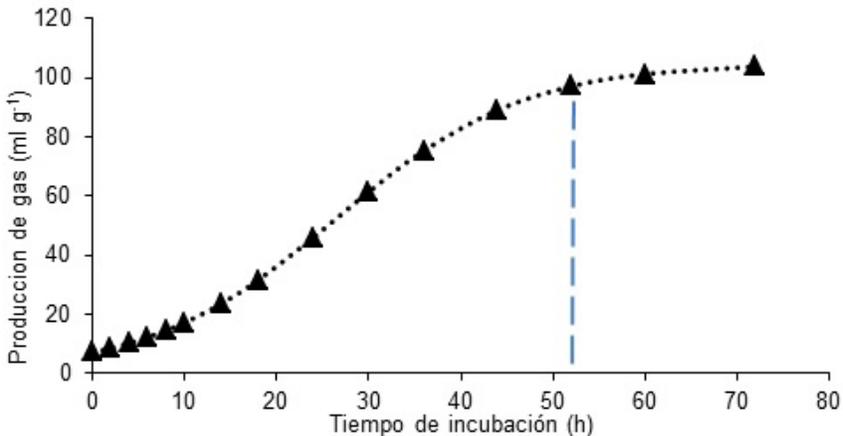
MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, MO: Materia orgánica, Ce: Ceniza, FDN: Fibra Detergente Neutra, FDA: Fibra Detergente Ácida, DE: desviación estándar.

La cerdaza se fermentó a partir de las 6.256 h posteriores a la incubación (fase Lag), a una velocidad de 0.0247 h^{-1} (S), y su potencial de fermentación a 72 h dado por el volumen máximo de gas (V_m) fue de 104.9 ml g^{-1} .

En la figura 1, se presenta la cinética de fermentación de la cerdaza, y se puede observar que a partir de las 52 h se producen los valores máximos de fermentación.

Figura 1

Cinética de fermentación *in vitro* de la cerdaza producido en el centro de Chiapas.



La línea discontinua indica el tiempo a partir del cual se considera se alcanza la producción máxima de gas.

La cerdaza presentó mayor volumen fraccional ($P < 0.05$) de 24 a 72 h de incubación ($20.1047 \text{ ml g}^{-1}$), lo que implica mayor fracción de lenta fermentación. Seguimiento de media y rápida fermentación (6.9960 y 5.6586 ml g^{-1} , respectivamente) (cuadro 2).

Cuadro 2

Volumen fraccional acumulado de gas producido durante la fermentación *in vitro* de la cerdaza producido en el centro de Chiapas.

	Cerdaza
FR ₀₋₈ (ml g ⁻¹)	5.6586 ^b
FM ₈₋₂₄ (ml g ⁻¹)	6.9960 ^b
FL ₂₄₋₇₂ (ml g ⁻¹)	20.1047 ^a

Medias con literales distintas en la misma columna son diferentes (Tukey, P<0.05).

FR: Fermentación rápida, FM: Fermentación media, FL: Fermentación lenta.

En el cuadro 3, se muestra la digestibilidad de la cerdaza en diferentes periodos, se observa un incremento gradual alcanzando mayor digestibilidad entre las 36 y 48 h de incubación.

Cuadro 3

Digestibilidad *in vitro* de la cerdaza producida en el centro de Chiapas.

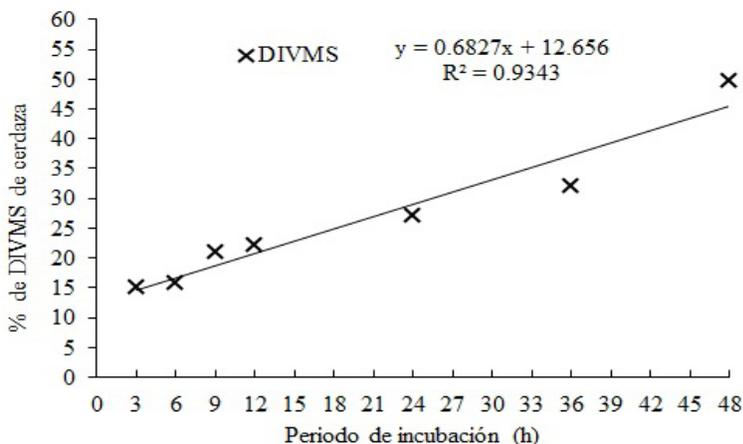
	% DIVMS						
	3 h	6 h	9 h	12 h	24 h	36 h	48 h
Cerdaza	15.2	15.8	20.9	22.1	27.1	32.0	49.7

DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

La DIVMS de la cerdaza depende del tiempo de incubación de la misma, en la figura 2, se presenta la cinética de DIVMS por medio de una ecuación de regresión lineal, la cual permite predecir la digestibilidad de la cerdaza en diferentes tiempos de incubación.

Figura 2

Modelo de regresión lineal entre el porcentaje de DIVMS de cerdaza y el periodo de incubación.



Por otro lado, la producción de CO₂ y CH₄ más gases menores de la cerdaza se muestran en el cuadro 4. Cabe señalar que el 80 % de la producción total de gases se presentan en las primeras 24 h de fermentación. Los valores de CO₂ y CH₄ son en relación a la producción de gas a las 24 h.

Cuadro 4
Producción *in vitro* de CO₂ y CH₄ más gases menores de la cerdaza en el centro de Chiapas.

	Volumen de gas a 24 h (ml g ⁻¹)	% CO ₂	% CH ₄ más gases menores
Cerdaza	12.616	67.55	25.03

CO₂= dióxido de carbono; CH₄= metano

Discusión

El valor de proteína cruda obtenido (19.31 %) se considera adecuado para la suplementación proteica de rumiantes, sin embargo, debe tenerse en cuenta que la cantidad y la calidad de la excreta está influenciada por factores relacionados con el alimento, las características del cerdo, el sistema de manejo productivo y etapa productiva del cerdo, así como al manejo que reciben las excretas durante el proceso del análisis (Castillón *et al.*, 2004). La importancia del uso de este tipo de suplementos es el aporte de PC, el cual es uno de los nutrientes más importantes en la nutrición de rumiantes, tal como señalan Padilla *et al.* (2000) y Ly (2005), quienes mencionan que la utilización de excretas de cerdos pueden ser buenas alternativas para bajar los costos de alimentación. En general, la concentración de los valores químicos (PC, FDN, FDA y MO) de la cerdaza está dentro de los niveles aceptables para su uso en la suplementación de rumiantes.

Por otro lado, los parámetros de fermentación de la cerdaza pudieron verse afectados por su composición química, principalmente por FDN. La fase lag de la excreta podría estar relacionada con el menor aporte de nutrientes a los microorganismos ruminales. En este sentido, Ramírez (2014) y Amjed *et al.* (1992) señalaron que la fase lag será más larga para aquellos alimentos de mala calidad. Por otro lado, la tasa de producción de gas (S) es el parámetro que indica la rapidez de la fermentación de los alimentos. Finalmente, el volumen máximo de gas (Vm) se relaciona con el potencial de fermentación del alimento, pero no así con su aprovechamiento, por lo que la DIVMS de la cerdaza no necesariamente se puede relacionar con la producción de gas. En este sentido, Nogueira *et al.* (2000) señalan que la mayor producción de gas no necesariamente significa una mayor eficiencia por parte de los microorganismos en la utilización del sustrato, por lo que dos sustratos con igual degradación de la MS pueden producir diferentes volúmenes de gas.

Además, el Vm y DIVMS de la cerdaza pudieron verse afectados posiblemente por altos contenidos de Cu⁺², tal como señalan Chacón *et al.* (2017), quienes al evaluar la ci-

nética de producción de gas *in vitro* de excretas de origen animal (pollinaza y cerdaza), encontraron que la pollinaza se fermenta más favorablemente en rumen en comparación a la cerdaza (211.21 y 134.4 ml g⁻¹, respectivamente), debido al alto contenido de Cu⁺² en cerdaza (444.3 mg kg⁻¹) en comparación al Cu⁺² reportado en pollinaza (69.60 mg kg⁻¹).

En el cuadro 4 y en la figura 2 se presentan las tres fracciones de fermentación de la cerdaza: rápida, media y lenta fermentación (0 a 8, 8 a 24 y 24 a 72 h, respectivamente); atribuidas a azúcares y oligosacáridos solubles, polisacáridos de reserva como almidón, dextranas, pectina, y polisacáridos de pared celular (celulosa y hemicelulosa ligadas a lignina), respectivamente (Sandoval *et al.*, 2016). Conocer el volumen fraccional de gas es importante porque con ella se determina la proporción de nutrientes consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal. La cerdaza presentó mayor volumen fraccional de 24 a 72 h de incubación (20.1047 ml g⁻¹), lo que implica mayor fracción de lenta fermentación. Seguido de media y rápida fermentación (6.9960 y 5.6586 ml g⁻¹, respectivamente). Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con Chacón *et al.* (2017) quienes evaluaron volumen fraccional de gas de cerdaza, encontrando mayor producción de 24 a 72 h (69.53 ml g⁻¹), lo que sugiere alto contenido de carbohidratos estructurales o de difícil digestión como celulosa y hemicelulosa. Según Miranda *et al.* (2015) una fracción de hemicelulosa se fermenta de 18 a 25 h de incubación y otra entre 24 y 48 h. En este sentido, Barajas *et al.* (1994) llevaron a cabo una prueba de degradación ruminal de cerdaza, en la cual determinaron que la máxima degradación se alcanzó a las 48 h con una degradación de la MS del 70 %, este resultado fue superior a lo reportado en el presente trabajo (49.7 %). Esto puede estar relacionado al manejo y almacenamiento de las excretas, etapa reproductiva de los animales y composición de los alimentos, así como a la concentración de FDN (39.20 %), ya que se conoce que cuando el contenido de FDN es menor la digestibilidad es mayor. Por su parte, Coutiño (1989) reportó 54 % de digestibilidad de la MS de cerdaza e indicó que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica de la cerdaza se ve influenciada por los niveles de heces y contenido químico de las dietas.

Castrillón *et al.* (2004) indican que incluir cerdaza en la dieta de bovinos aumenta la ganancia diaria de peso, debido a un mejor aprovechamiento de los forrajes de baja calidad como los pastos. No obstante, Camacho (1998) señala que la adición de cerdaza en una dieta no debe ser mayor de 36.17 %.

Otro aspecto a considerar es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como CO₂ y CH₄ producido por los rumiantes. La producción de CH₄ más gases menores de la cerdaza fue de 12.616 ml g⁻¹. Sin embargo, existen escasos estudios relacionados a la emisión de estos gases en cerdaza al ser utilizada como suplemento en rumiantes. En el presente trabajo se estimó la producción de CO₂ y CH₄ a través de la técnica de gas *in vitro*, pero existe nula información para poder comparar los valores encontrados. No obstante, el fomento a los estudios inclinados a la producción de gases contaminantes es de suma importancia dentro del área pecuaria, ya que estas actividades tienen un impacto significativo sobre el ambiente (Rivera *et al.*, 2015). El mejoramiento de las características nutricionales de la dieta, como ocurre con el uso de excretas de origen animal, puede

mejorar las características fermentativas, generando mayor productividad y disminuyendo las emisiones de metano, sin embargo, el uso de cerdaza como estrategia de alimentación en rumiantes deber ser limitado, debido al alto contenido de cobre presente en la excreta (Chacón *et al.*, 2017).

Por otro lado, Ramírez *et al.* (2015), estimaron la producción de CH_4 del pasto *Cenchrus clandestinus*, y obtuvieron una producción de gas de 113 ml g^{-1} de gases a las 24 h, de los cuales el 13 % fue CH_4 , que corresponde a 14.7 ml g^{-1} de CH_4 , resultado superior al encontrado en el presente trabajo (3.1 ml g^{-1} de CH_4 , que corresponde al 25.03 % del volumen de gas producidos por la cerdaza a 24 h). La diferencia entre estos dos trabajos posiblemente se deba a que la cerdaza está compuesta por heces fecales y orina mezclados con residuos de alimento bajos en fibra, lo que mejora la composición química de la excreta y que podría producir fermentaciones que produzcan menos metano, mientras que para pasto *C. clandestinus*, el cual es alto en fibra (55.1 % de FDN), su fermentación podría favorecer a la actividad de las bacterias que producirán mayor cantidad de metano. En este sentido, Van Lier (2008) menciona que las bacterias celulolíticas tienen condiciones óptimas con alimentos ricos en fibras (celulosa y hemicelulosa), estas bacterias junto con las metogénicas están íntimamente relacionadas y asociadas a la producción de acetato y por mayor producción de gas CH_4 . Mientras que en el consumo de dietas con alto contenido de almidón predominan bacterias amilolíticas lo que produce proporcionalmente menos CH_4 pues este tipo de fermentación permite utilizar eficientemente las moléculas de glucosa sin que ocurra la pérdida de energía por la producción de CO_2 y CH_4 . Desde este punto de vista, sustratos que favorezcan la fermentación propiónica producirán menos gas que aquellos que promuevan la fermentación acética o butírica. Por lo tanto, la producción de gases de efecto invernadero (CO_2 y CH_4) puede verse afectada por los componentes químicos de los alimentos (azúcares y oligosacáridos solubles, polisacáridos de reserva y polisacáridos de pared celular, así como contenido de proteína cruda). En este sentido, Rivera *et al.* (2015) y Santacoloma (2011) señalan que una estrategia para disminuir la emisión de CH_4 , es proporcionar a los rumiantes dietas con altos niveles de cereales y concentrado. Sin embargo, esto elevaría los costos de producción, por lo que es necesaria la búsqueda de opciones alimenticias que mejoren los patrones fermentativos, y se generen menos emisiones de metano a la atmósfera.

Conclusiones

La calidad nutritiva de la cerdaza fue similar a la reportada en otros trabajos, sin embargo, su digestibilidad fue inferior en comparación a otras excretas de uso pecuario y sus parámetros de fermentación pudieron verse afectados por su contenido de cobre. De acuerdo al total de gases producidos por la fermentación de la cerdaza (12.616 ml g^{-1}), podría ser clave para buscar posibilidades de disminuir la producción de metano entérico y poder ser usada como ingrediente en la dieta de bovinos, pero se debe restringir el uso en ovinos.

Literatura citada

- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15th ed. Washington, DC. USA. 684 pp.
- Amjed, J. M.; Jung, H. G. and Donker, J. D. (1992). Effect of alkaline hydrogen peroxide treatment on cell wall composition and digestion kinetics of sugarcane residues and wheat straw. *J. Anim. Sci.* 70(9): 2877-2884.
- Barajas, C. R.; Flores, L. R.; Obregón, J. F.; Domínguez, J. E. y Romo, J. A. (1994). *Digestibilidad de la Cerdaza secada al sol como sustituto de forraje en dietas prácticas para rumiantes*. Memorias del V Reunión Bianual de Nutrición Animal. GNMNA-U.A.A.N., Saltillo, Coahuila, México.
- Bateman, J. V. (1970). *Nutrición Animal: manual de métodos analíticos*. Editorial Herrero. México. 488 pp.
- Camacho, C. M. I. (1998). *Utilización de cerdaza en la alimentación de novillos*. <http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/cerdo/memoriacerd.html>. (Consultada el 15 de noviembre de 2017).
- Castrillón, O.; Jiménez, R. y Bedoya, O. (2004). Porquinaza en la alimentación animal. *Rev. Lasallista Investig.* 1 (1): 72-76.
- Chávez, G. y Martínez, L. (2014). *Producción de gas in vitro como método para determinar la asimilación de dietas por corderos*. Tesis de licenciatura. Departamento de enseñanza, investigación y servicio en zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Chacón, C. A.; Pinto, R. R.; Miranda, L. A.; Ramírez, B. E.; Venegas, V. J. y Molina, P. L. (2017). *Composición química y degradación in vitro de excretas de origen animal producido en Chiapas*. XLIV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la producción Animal y Seguridad Alimentaria, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Pp. 178- 181.
- Coutiño, G. M. A. (1989). *Evaluación química y digestibilidad in vitro de heces de cerdo con y sin sorgo fermentadas anaeróticamente*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Buenavista. Saltillo, Coahuila. México.
- FAO. (2009). *La larga sombra del ganado*. <http://www.fao.org/docrep/011/a0701s/a0701s00.htm>. (Consultada el 6 de diciembre de 2017).
- Ly, J. (2005). *Uso de excretas en sistemas integrados de producción animal*. Memoria. VIII Encuentro de nutrición y producción de animales monogástricos. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ). Guanare, Portuguesa, Venezuela. http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/julio.htm (Consultada el 29 de noviembre de 2017).
- Makkar, H. P. S.; Blümmel, M. and Becker, K. (1995). Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *Br. J. Nutr.* 73 (6): 897-913.
- Menke, K. H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* (28): 7-55.
- Miranda, L.A.; Sandoval, L. y Améndola, R. (2015). *Producción de gas como método para estimar in vitro la concentración de carbohidratos fermentables en rumen*. Congreso Asociación Latinoamericana de producción animal. Puerto Varas, Chile. 474 pp.
- Nogueira, J. C. M.; Fondevilla, M.; Barrios, A. and González, M. (2000). *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Anim. Feed Sci. Tech.* (83): 145-157.
- Padilla, G. E. C.; Castellanos, R. A. F.; Cantón, C. J. G. y Moguer, O. Y. B. (2000). Impacto del uso de niveles elevados de excretas animales en la alimentación de ovinos. *Livestock Res Rural Dev.* 12(1).
- Ramírez, R. (2014). *Leucaena leucocephala como estrategia de suplementación a ovinos pastoreado en la época seca*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Ramírez, J. F.; Posada, S. y Rosero, R. (2015). Efecto de la lovastatina sobre la producción de metano y la digestibilidad de la materia seca *in vitro* del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). *Rev. Med. Vet. Zoot.* 10(2): 111-121.

- Rivera, J.E.; Molina, C.I.; Donney`s, G.; Villegas, G.; Chará, J. y Barahona, R. (2015). Dinámica de fermentación y producción de metano en dietas de sistemas silvopastoriles intensivos con *L. leucocephala* y sistemas convencionales orientados a la producción de leche. *Livestock Res. Rural Rev.* 27(4).
- Rodríguez, LM.; Lubo, CM.; Abadía, J.; Orozco, O.; López, A. y Llano, G. (2017). Comparación de los escenarios de emisiones de GEI por combustión móvil y fertilización en un cultivo de caña comercial y orgánica a través de modelos de simulación. *Rev. P+L.* 12 (2): 80-91.
- Sandoval, L.; Miranda, L.; Lara, A.; Huerta, M.; Uribe, M. y Martínez, M. (2016). Fermentación *in vitro* y la correlación del contenido nutricional de leucaena asociada con pasto estrella. *Rev. Mex. Cienc. Agrí.* (16): 3185-3196.
- Santacoloma, LE. (2011). Las dietas en las emisiones de metano durante el proceso de rumia en sistemas de producción bovina. *RIAA.* 2(1): 55-64.
- SAS. (2004). *SAS User´s Guide: Statistics.* Ver. 9.2. SAS Institute. Cary, N.C. 5180 pp.
- Schofield, P. y Pell, A. N. (1995). Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *J. Anim. Sci.* (73): 3455-3463.
- SEMARNAT. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2009). *Cambio climático. Ciencia, Evidencia y Acciones.* México. http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05_serie/cambio_climatico.pdf. (Consultada el 2 de diciembre de 2017).
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant.* Cornell University Press. Ithaca (USA). 476 pp.

Recibido: 17 enero de 2018

Envío arbitraje: 01 de febrero de 2018

Dictamen: 14 de febrero de 2018

Aceptado: 21 de septiembre de 2018



Nombre: *Cerdaza*

Autora: Marisol Herrera Sosa

Técnica: Acuarela

Medidas: 21 cm x 14 cm

Efecto del método de extracción del semen en la calidad espermática de toros *Sahiwal*

Effect of the method of extraction of the semen in the spermatic quality of *Sahiwal* bulls

Mónica Stella Mancheno Durán¹ y Aslam Díaz Castillo*²

¹ Sistemas Integrales de Producción Lechera y Agrícola (SINPLECA),
Grecia 146 N32 y La Granja
Quito, Ecuador. C. P. 170519

² Animal Welfare Society of South Florida.
2601 SW 27th Ave
Miami, Florida, USA, C. P. 33133.

* Correspondencia: aslamdiazcastillo@hotmail.com

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de dos métodos de extracción de semen: vagina artificial (VA) y electroeyaculador (EEY), en la calidad espermática y del eyaculado de toros *Sahiwal*. Se analizaron el volumen del semen fresco (V_s , mL); pH; motilidad masal (Mm, %); concentración (C_e , 10^6 Spz/mL); viabilidad (Imp, %); vitalidad (V_e , %); normalidad (Ne, %) e integridad del acrosoma (Ia, %). Se realizaron 48 colectas (igual número por grupo experimental), dos veces/semana, de ocho sementales (edad: 24.54 ± 0.67 meses, peso: 482.33 ± 38.88 kg y circunferencia escrotal: 32.54 ± 3.22 cm). Los toros se alimentaron con base de pastos, con libre acceso al agua y sales minerales. Con VA se obtuvieron los resultados siguientes: $V_s=4.28$ mL, pH=7.02, Mm=84.17%, $C_e=928.71$ Spz/mL, Imp=58.36%, $V_e=76.35\%$, Ne=86.38%, Ia=93.95%. Con el método de extracción por EEY se obtuvieron los siguientes resultados: $V_s=3.98$ mL, pH=7.02, Mm=92.29%, $C_e=714.68$ Spz/mL, Imp=41.78%, $V_e=74.65\%$, Ne=85.25%, Ia=94.21%. Se demostró que el método de extracción del semen afectó la ca-

Abstract

The objective was to evaluate the effect of two methods of extraction of semen: artificial vagina (VA) and electro-ejaculator (EEY) in the sperm quality and ejaculation of *Sahiwal* bull. Fresh semen volume (V_s , mL), pH, mass motility (Mm, %), concentration (C_e , 10^6 Spz/mL), viability (Imp, %), vitality (V_e , %), normality (Ne, %), and integrity of the acrosome (Ia, %) were analyzed. There were 48 collections (equal number per experimental group), two times/ week, of eight stallions (age: 24.54 ± 0.67 months, weight: 482.33 ± 38.88 kg and scrotal circumference: 32.54 ± 3.22 cm). The bulls were fed on grass, with free access to water and mineral sales. With VA the following results were obtained: $V_s=4.28$ mL, pH=7.02, Mm=84.17%, $C_e=928.71$ Spz/mL, Imp=58.36%, $V_e=76.35\%$, Ne=86.38%, Ia=93.95%. With the extraction method by EEY the following results were obtained: $V_s=3.98$ mL, pH=7.02, Mm=92.29%, $C_e=714.68$ Spz/mL, Imp=41.78%, $V_e=74.65\%$, Ne=85.25%, Ia=94.21%. It was demonstrated that the semen extraction method affected the sperm qual-

lidad espermática de los toros *Sahiwal* donde la mayor Mm se obtuvo por EEY mientras Ce y Imp fueron mayores por extracción con VA, sin diferencias en el resto de los indicadores.

ity of the Sahiwal bulls where, the highest Mm was obtained by EEY while, Ce and Imp were higher by extraction with VA, without differences in the rest of the indicators.

Palabras clave

Concentración espermática, electroeyaculador, motilidad masal espermática, vagina artificial, viabilidad espermática.

Keywords

Sperm concentration, electroejaculator, mass motility sperm, artificial vagina, sperm viability.

Introducción

Sahiwal, pertenece al tronco genético *Bos indicus*, deriva de la raza *Shindi* y se considera emparentada con los bovinos de Afganistán mestizos, con la raza *Gyr*, y una de las mejores razas lecheras de India. Se originó en la frontera entre India y Paquistán, cerca del río Ravi, en una región con un clima sub-tropical árido (Carrera *et al.*, 2015). La evaluación del eyaculado en los sementales del tronco *Bos indicus* es una necesidad para los países tropicales en desarrollo, porque permite disponer de un semen de machos probados, con alto valor genético y libres de infecciones de transmisión sexual, como garantía para el progreso productivo de los rebaños y la adaptación al medio ambiente tropical. La recolección de semen por vagina artificial o electro-eyaculación, ha permitido el establecimiento de bancos de germoplasmas de toros seleccionados (Benítez *et al.*, 2018). Sin embargo, existen diferentes criterios respecto al método de colecta del semen y calidad. Según las investigaciones de Parvanov (2000) y Persson (2007), el método de extracción, por vagina artificial o electroeyaculador, afecta la calidad del eyaculado. Sin embargo, en los trabajos de Posada (2014) y Bopape *et al.* (2015), no se encontraron diferencias entre ambos métodos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad espermática del eyaculado de toros *Sahiwal*, con la extracción del semen por vagina artificial y por electroeyaculador.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se realizó en la hacienda “Zoila Luz”, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, 00°14’ de latitud S y 79°12’ longitud O, a 557 m.s.n.m, 23.50 °C de temperatura promedio anual, 87% de humedad relativa, 2,728.50 mm de precipitación promedio anual, 660 horas de radiación solar anual y en un suelo arcilloso (DAC, 2012). Los análisis del semen colectado por ocho semanas se realizaron en el laboratorio de biotecnología animal del Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA II) y en el laboratorio de biotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), valle Los Chillos.

Animales

Se utilizaron ocho toros *Sahiwal* seleccionados como sementales en la hacienda. La edad de los animales fue de 24.54 ± 0.67 meses, el peso vivo de 482.33 ± 38.88 kg y la circunferencia escrotal de 32.54 ± 3.22 cm. Los animales pastaron de 7:00-18:00, en un área de *Brachiaria decumbens*. El pasto no se regó y se fertilizó con 20 t de materia orgánica por ha, dos veces al año. El tiempo de ocupación del pastizal fue de siete días y 21 días de reposo. Se alojaron en corrales con piso de cemento, en horario nocturno. Tuvieron acceso a agua y sal mineral a voluntad, las 24 horas. El corte de vellos del prepucio se realizó cada 15 días. Los toros se vacunaron contra *carbunco sintomático*, *edema maligno*, *septicemia sintomática* y *fiebre aftosa*, semestralmente. El baño contra parásitos externos se realizó con Cipermetina Carval (1 mL/L, con 4 L/animal), por mochila de aspersión y se aplicó Dectomax 1% Pfizer (1 mL/50 kg de peso vivo, cada dos meses). Se enviaron muestras de eyaculado al laboratorio veterinario VETELAB Machachi, para detectar las infecciones de transmisión sexual siguientes: *Brucella abortus* (por la prueba de Rosa de Bengala), *leucosis bovina* (por Elisa indirecta), *rinotraqueitis infecciosa bovina* (por inmunofluorescencia indirecta), *diarrea viral bovina* (por inmunofluorescencia indirecta) y *Leptospira interrogans* (por microaglutinación).

Procedimiento experimental

Se lavó el vientre y prepucio con agua y jabón, y se secó antes de la colecta.

Extracción por vagina artificial: la excitación se realizó en un cepo, con una vaca maniquí. Se colocó la vagina artificial en el pene desviado hacia el lado derecho y se esperó el golpe de riñón, para retirar la vagina. Se extrajo el tubo con el semen de la vagina artificial.

Extracción por electro-eyaculador *Standard Precision Electronics*: se ató el animal, se vació el recto e introdujo el vástago del eyaculador. El electro-eyaculador se colocó en automático y desplazó el vástago hacia adelante y hacia atrás, lentamente. Se dejó escapar el líquido pre-eyaculatorio.

En ambos métodos se protegió el semen del sol y se llevó al laboratorio para el análisis, en los tubos colectores graduados *Pirec* de 15 mL.

Mediciones y muestreos

Se realizaron dos extracciones por animal en la semana, en 84 días totales, en las horas frescas de la mañana, para un total de 48 colectas (24 por cada vagina artificial y los otros 24 por electroeyaculador) y se analizaron las variables siguientes:

- Volumen del semen fresco (V_s , en mL). Se determinó en el tubo colector graduado. Luego de la medición, se colocaron los tubos en baño termostático, a 37°C (Ruíz *et al.*, 2010).
- Medición de pH. Se introdujo la sonda del peachímetro portátil (Boeco PT70) en la muestra por 10 segundos.
- Motilidad masal (Mm, en %). Se utilizó una gota de semen fresco en un portaobjeto que se mantuvo a 37°C , por una placa térmica y se visualizó la muestra a 10x, en un microscopio óptico (CX21, Olympus). Se evaluó la formación y

progresión de los movimientos de la masa espermática y se clasificó (subjetivamente) de la forma siguiente (León *et al.*, 1991): (a) mala, de 0-25% de la masa espermática en movimiento sólo con vibraciones; (b) regular, 25-50% con oscilaciones; (c) buena, 50-75% con remolinos lentos; y (d) muy buena, 75-100% con remolinos rápidos.

- Concentración espermática (Ce, en miles de millones de Spz/mL). Se midió por un espectrofotómetro digital (Spermacue®, Minitub) calibrado para bovinos.
- Viabilidad espermática (Imp, en %). Se utilizó la prueba de integridad de la membrana plasmática (Host formol-citrato: 3.40 g de citrato de sodio, 0.5 mL de formol y 100 mL de agua ultra purificada (Andrade, 2005), con el procedimiento de Alberio *et al.* (2010) y Cisale *et al.* (2006), por el procedimiento siguiente: (a). Se colocó 1 mL de solución hipo-osmótica (con los ingredientes citados por Andrade, 2005): 490 mg de citrato de sodio, 900 mg de fructosa, 100 mL de agua ultra purificada y el procedimiento de Cisale *et al.* (2006) en los tubos Eppendorf; (b). Se colocaron los tubos a 37°C en baño de María; (c). Se agregó 25 µL de semen y se mantuvo a 37°C, por 10 min; (d). Se adicionaron 5 µL de solución Host-formol (200 µL a uno); (e). Se extendió la muestra sobre un portaobjetos, se secó al aire y se observó en el microscopio con contraste de fase con el lente de 40x; y (f). Se contaron 200 células. Se consideraron positivos los espermatozoides con cualquier grado de torsión helicoidal de la cola “Swelling”.
- Vitalidad espermática (Vé, en %). Es el recuento de espermatozoides vivos en los eyaculados colectados. Se adicionó una gota de 5 µL del colorante eosina, precalentado a 37 °C en el borde de un porta-objetos. Sobre esta gota se añadió otra del semen y se extendió con un porta-objetos, en un ángulo de 30-40°. Se secó al aire rápidamente y se observaron 200 células por microscopio óptico (CX21, Olympus), a 1000x, con aceite de inmersión. Si el espermatozoide se encuentra muerto, la membrana plasmática permite el paso de la eosina (Muñoz y Muñoz, 2005).
- Normalidad espermática (Ne, en %). Se utilizó la tinción meta-cromática Spermac (*Stain Enterprises*) para evaluar la morfología espermática. Se siguió el protocolo *Industrie Park Noord 32, 8730* por tinción de frotis de semen fresco diluido (se utilizó diluyente *Andromed Minitube*, con su protocolo adjunto) en porta-objetos. Se utilizó el fijador del *kit*, con base de formalina, por 5 min. Se dejó secar el frotis y se utilizaron los tres colorantes del *kit* (A, B y C). El A (rojo) se dejó por 2 min; y el B (amarillo) y C (verde) por 1 min. Luego se enjuagaron con agua corriente y la membrana quedó teñida de verde. Se dejó secar y observó al microscópico óptico, a 400x, con aceite de inmersión. Se contaron 200 espermatozoides y subdividieron porcentajes con forma normal y anormal.
- Integridad del acrosoma (Ia, %). Se utilizó la tinción de Spermac, para observar la morfología espermática e integridad de la membrana del acrosoma, por un

procedimiento similar al de la normalidad espermática (medición número seis), para teñir el acrosoma de verde, el post-acrosoma de rojo y la membrana verde. La lámina se observó al microscopio de luz, a 400x, con aceite de inmersión. Se contaron 200 espermatozoides por campo. Se clasificaron en normales (con el acrosoma intacto) y los que reaccionaron (con el acrosoma dañado que se coloreó de rojo y/o con la membrana discontinua o difusa).

Diseño, grupos experimentales y análisis estadístico

Se utilizó un diseño *crossover*. Este diseño permitió eliminar el error experimental, por efecto de la diferencia del valor genético propio del semental y evaluar exclusivamente, el efecto del método de extracción de semen. Los ocho toros se distribuyeron al azar, con dos grupos experimentales (extracción por vagina artificial o por electro-eyaculador), cuatro animales por grupo. Los datos se analizaron por el software SAS (*Statistical Analysis System*), versión 9.3 (2013), para evaluar los estadígrafos descriptivos. Se utilizó la prueba de Tukey, para la comparación de las medias, en el análisis de varianza simple (ANOVA), al 95% de confianza ($\alpha=0.05$).

Resultados

La motilidad masal fue superior con el método de extracción del semen por electro-eyaculación (92.29 %). Sin embargo, la concentración espermática (928.71×10^6 Spz/mL) y la viabilidad espermática (58.36 %) fueron superiores en la colecta por el método de la vagina artificial ($P \leq 0.05$). No se encontraron diferencias en el resto de los indicadores que se evaluaron en el estudio (cuadro 1).

Cuadro 1
Indicadores del eyaculado y la calidad espermática de toros *Sahiwal*, con extracción de semen por el método de vagina artificial o por electro-eyaculador.

Indicadores	Método de extracción		EE (\pm)	P
	Vagina artificial	Electro-eyaculador		
Volumen (mL)	4.28	3.98	0.23	0.3721
pH	7.02	7.02	0.01	0.6886
Motilidad masal (%)	84.17	92.29	1.53	0.0007
Concentración (10^6 Spz/mL)	928.71	714.68	53.01	0.0067
Viabilidad espermática (%)	58.36	41.78	2.25	0.0001
Vitalidad espermática (%)	76.35	74.65	1.56	0.4415
Normalidad espermática (%)	86.38	85.25	0.82	0.3354
Integridad del acrosoma (%)	93.95	94.21	0.91	0.8417

EE: Error estándar de la media estadística; P: Probabilidad (Prueba de Tukey con $\alpha=0.05$).

Discusión

El volumen seminal no se afectó por el método de extracción. Posada (2014) no halló diferencias en el volumen (11.42 mL por VA y 12.75 mL por EEY). Este indicador es uno de los más variables, pero se controlaron las fuentes de variación como la raza, edad, peso vivo, sistema de alimentación y manejo. Sin embargo, Austin *et al.* (1961) y Parvanov (2000) encontraron diferencias en el volumen por ambos métodos. Bopape *et al.* (2015) reportaron igual comportamiento de pH neutro para ambos métodos (VA: 7.20 y EEY: 6.90), al igual que Palmer (2005) y León *et al.* (1991), 7 para VA y 6.96 para EEY. Sin embargo, Austin *et al.* (1961) encontró diferencias, con 6.70 para VA y 7.30 para EEY.

La estimulación eléctrica aumentó la motilidad masal de los espermatozoides, como lo informaron también León *et al.* (1991) y Persson (2007), con valores de 77 y 60% para la extracción por VA, y 75 y 57% en la extracción por EEY. La concentración espermática fue superior en la extracción por VA. Este resultado fue similar a los reportes de Austin *et al.* (1961) y Persson (2007), con 625 y 1800 x 10⁶ Spz/mL, por el método de VA y 293 y 718 x 10⁶ Spz/mL, por la EEY. Ahmad *et al.* (2011) y Kumar *et al.* (2015) informaron una concentración espermática para Sahiwal de 1.10 y 1.13 x 10⁹ Spz/mL en toros Sahiwal. Estos resultados pueden deberse a la mayor descarga de plasma seminal que ocurre por electro-estimulación de las vesículas seminales en el método de extracción por electro-eyaculador.

La viabilidad espermática fue superior en la extracción por VA, como ocurrió en los trabajos de Sarsaifi *et al.* (2015), con 65.80 % por VA y 62.86 % por EEY. Según, Farroq *et al.* (2015) y Kumar *et al.* (2015), los valores aceptados de viabilidad espermática para Sahiwal están entre 58.00-63.15 %. La menor viabilidad de espermatozoides en la colecta por EEY puede deberse a la eyaculación de células sexuales inmaduras y al gasto energético adicional que condiciona el estímulo eléctrico del eyaculador, por aumento de la movilidad masal. El método de extracción de semen no afectó la vitalidad espermática. Este valor fue similar al que obtuvo Jimenez-Rabádan (2014), con 79.02 %, para VA y 79.70 %, para EEY. Al respecto, Sattar y Riaz (2002) informaron que la vitalidad espermática para Sahiwal fue del 76.02 % y Farroq *et al.* (2015) del 78.60 %.

La normalidad espermática fue similar en ambos métodos, como lo presentaron Posada (2014) con 75.25 % en VA y 73.30 % EEY. Sin embargo, Persson (2007) encontró menor valor para VA (76.80 %), respecto al EEY (94 %). Sattar y Riaz (2002) y Farroq *et al.* (2013) determinaron que 74.13 y 86.97 % son valores aceptables para este indicador en Sahiwal. La integridad del acrosoma no se afectó por el método de extracción. Sus valores fueron superiores a los que informaron Sarsaifi *et al.* (2015), con 65.80 % para VA y 62.86% para EEY. Sajjad *et al.* (2010) reportaron 70.70 % de integridad del acrosoma. Sin embargo, Kumar *et al.* (2015) reportaron valores más altos, del 89.99 %, ambos para toros Sahiwal. En general, existen discrepancias, en cuanto al mejor método de extracción, ya que resulta más fácil el trabajo con el EEY. Sin embargo, los resultados en múltiples indicadores de la calidad del semen resultan superiores con VA.

Conclusiones

Se demostró que la calidad espermática de los toros *Sahiwal* fue buena, con un aumento de la motilidad masal por electro-eyaculador; la concentración y viabilidad espermática fueron mayores por vagina artificial, sin diferencias en el volumen, pH, vitalidad, normalidad e integridad del acrosoma.

Literatura citada

- Ahmad, E.; Ahmad, N.; Naseer, Z.; Khan, M.; Ashig, M.; and Younis, M. (2011). Relationship of age to body weight, scrotal circumference, testicular ultra-sonograms and semen quality in *Sahiwal* bulls. *Tropical Animal Health Production* 43(1): 159-164.
- Alberio, R.; Aller, J.; Hozbor, F.; Kaiser, G.; Manes, J.; Mucci, N. y Rios, G. (2010). *Fisiología de la reproducción*. En: Proyecto 2009-2012. INTA, Balcarze, Buenos Aires, Argentina. <http://inta.gob.ar/proyectos/AESA-203931> (Consultada el 15 abril de 2018).
- Andrade, A. (2005). *Influencia en la calidad espermática de la adición de distintas concentraciones de crioprotectores*. Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Austin, J.; Hupp, E.; and Muephee, R. (1961). Effect of scrotal insulation on semen of *Hereford* bulls. *Journal of Animal Science* 20: 307-311.
- Benítez, E.; Chamba, H.; Sánchez, E.; Luzón, F.; Sánchez, J. (2018). Evaluación comparativa de dos métodos de recuperación espermática de epidídimos bovinos post-mortem. *Abanico Veterinario* 8(1): 59-74.
- Bopape, M.; Knoboso, C.; Tlou, C.; and Tshimangadzo, L. (2015). Comparison of Electro ejaculator and Artificial Vagina on Semen Collection from South African Indigenous Goat Folloeing Assessment by Computer Aided Sperm Analysis. *Open Journal of Animal Sciences* 5: 210-218.
- Carrera, F.; Ulloa, S.; Uday, M.; Zapata, J.; Veintimilla, F.; Valdivieso, F. y Gómez, G. (2015). *Efecto de la suplementación mineral y la época del año sobre la calidad seminal de toros cruza Sahiwal en el trópico húmedo*. Memorias del III Congreso REDU. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. 29 p.
- Cisale, H.; Piehl, L.; Torres, N.; and Hager, A. (2006). Biochemical characterization and membrane fluidity of membrane isolated from boar seminal plasma. *Animal Reproduction Science* 92(3-4): 401-10.
- DAC. (Dirección de la Aviación Civil) (2012). *Reporte de caracterización climática de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Estación climática del aeropuerto de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. 8 p.
- Farroq, U.; Ijaz, A.; Ahmad, N.; Rehman, H.; and Zaneb, H. (2013). Investigations on semen quality and freezability of cholistani breeding bulls - a preliminary study from cholistan desert of Pakistan. *The journal of animal and plant sciences* 23(2): 359-363.
- Farroq, U.; Mahmood, S.; Ahmad, I.; Ahmad, N.; Idris, M.; and Abbas, M. (2015). Evaluation of post thaw sperm parameters and fertility of cholistani service bulls. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 39: 472-479.
- Jimenez-Rabádan, M. (2014). *Advances in sperm cryopreservation of samples collected by artificial vagina and electro-ejaculation from Blanca celiberica goad breed*. Tesis de doctorado. INIA, Universidad de Castilla La Mancha. Albacete, España.
- Kumar, A.; Gupta, A.; Chakravarty, A.; and Singh, P. (2015). Sexual behavior and its relationship with semen quality parameters in *Sahiwal* breeding bulls. *Veterinary World* 8(6): 745-749.
- León, H.; Porras, A.; Galina, C.; and Navarro, F. (1991). Effect of the collection method on semen characteristics of *Zebu* and European type cattle in the tropics. *Theriogenology* 36(3): 349-55.
- Muñoz, O. y Muñoz, G. (2005). *Cómo mejorar la colección, manejo y calidad microbiológica del semen*. Manual de ganadería doble propósito. Pp. 19-25. http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion6/articulo19-s6.pdf (Consultada el 19 febrero de 2018).
- Palmer, C. (2005). Welfare aspects of theriogenology: investigating alternatives to electro-ejaculation of bulls. *Theriogenology* 64(3): 469-479.
- Parvanov, P. (2000). Study on the effect of method of bull semen collection upon several qualitative parameters of fresh and after trawling of semen. *Bulgarian Journal Agric. Sci.* 6: 233-237.
- Persson, Y. (2007). *Breeding soundness evaluation of young beef bulls*. Doctoral thesis. Uppsala University, Uppsala, Sweden.

- Posada, R. (2014). *Estudio de la calidad del toro de lidia fragmentación del ADN espermático*. Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Ruiz, B.; Ruiz, H.; Mendoza, P.; Oliva, M.; Gutiérrez, F.; Rojas, R.; Herrera, J.; Ruiz, D.; Aguilar G.; León, H.; Bautista, G.; Ruiz, A.; Ibarra, C. y Villalobos, A. (2010). Caracterización reproductiva de toros *Bos taurus* y *Bos indicus* y sus cruizas en un sistema de monta natural y sin reposo sexual en el trópico Mexicano. *Rev. Científica UDO Agrícola* 10(1): 94-102.
- Sajjad, M.; Allah, B.; and Akhter, S. (2010). Effect of L-Cysteine in extender on post-thaw quality of Sahiwal bull semen. *Pakistan journal of zoology* 29(3): 197-203.
- Sarsaifi, K.; Vejayan, J.; Haron, A.; Yusoff, R.; Hani, H.; Rasoli, M.; Mohamed, A.; and Mazni, A. (2015). Protein profile and functionality of spermatozoa from two semen collection methods in Bali bulls. *Livestock science* 172: 96-105.
- SAS. (2013). *User's guide: Statistics*. V.9.3. De SAS Institute. INC. Cary. N.C. USA.
- Sattar, A. and Riaz, H. (2002). Comparison of semen characteristic of reciprocal crossbred bulls of Friesian c Sahiwal origins. *International journal of agricultural biology* 4(4): 474-475.

Recibido: 11 de mayo de 2018

Envío a arbitraje: 3 de junio de 2018

Dictamen: 20 de agosto de 2018

Aceptado: 21 de septiembre de 2018



Nombre: *Semental Sahiwal*

Autora: Marisol Herrera Sosa

Técnica: Acuarela

Medidas: 21 cm x 14 cm

Current knowledge of the cichlid fishes of the Amacuzac River, Mexico

Conocimiento actual de los peces cíclidos del río Amacuzac, México

**Marco Polo Franco Archundia,² Elsay Arce Uribe^{1*}
y Jorge Luna-Figueroa¹**

¹ Laboratorio de Acuicultura
Departamento de Hidrobiología
Centro de Investigaciones Biológicas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México.
Tel: +52- 777 3162354.

² Maestría en Manejo de Recursos Naturales
Centro de Investigaciones Biológicas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México.

* Corresponding author: elsah.arce@uaem.mx

Abstract

Introduction of non-native species into an environment can produce changes in the ecosystem and in the dynamic of the organisms that inhabit it. In the Amacuzac River, Mexico, there are currently established, five cichlids species, four of them are non-native: Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*, convict fish *Amatitlania nigrofasciata*, spotcheek cichlid *Thorichthys maculipinnis*, and the green terror *Andinoacara rivulatus*. The Mexican mojarra *Cichlasoma istlanum* is a native cichlid from the Balsas River basin that belongs to the sub-basin of the Amacuzac River, and is used as a fishing resource. In this work, a review of the knowledge about this five cichlid species of the Amacuzac River was done. The non-native species are the most studied fish and the native species has the penultimate place in the number of research. The biggest number of studies about non-native species demands a bigger research about the native species that allows the conservation and management of this resource.

Resumen

La introducción de especies ajenas a un ambiente puede generar cambios en el ecosistema y en la dinámica de los organismos que lo habitan. En el río Amacuzac, México, actualmente se encuentran establecidas cinco especies de cíclidos, de las cuales, cuatro son no nativas: la tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*), el pez convicto (*Amatitlania nigrofasciata*), el pez falso boca de fuego (*Thorichthys maculipinnis*) y el terror verde (*Andinoacara rivulatus*). La mojarra criolla (*Cichlasoma istlanum*) es un cíclido nativo de la cuenca del Balsas a la cual pertenece la sub-cuenca del río Amacuzac y es utilizada como un recurso pesquero. En este trabajo se realizó una revisión sobre el estado de conocimiento de estas cinco especies de cíclidos habitantes del río Amacuzac. Las especies no nativas son los peces más estudiados mientras que la especie nativa ocupa el penúltimo lugar en el número de investigaciones realizadas. El mayor número de estudios de especies no nativas exige una mayor

Keywords

Cichlids, review, non-native fish, native fish, Balsas's basin.

investigación de la especie nativa que permita la conservación y el manejo de este recurso.

Palabras clave

Cíclidos, revisión, peces exóticos, peces nativos, cuenca del Balsas.

Introduction

Introducing new species into the environment brings changes to the ecosystem and to the dynamic of the organisms that live there (Villanueva and Roig, 1995; Traveset and Santamaria, 2004; Leprieur *et al.*, 2006). Survival, behavior, physiology and morphology of native species can be modified if a non-native species is introduced (Lassuy, 1995; Simon and Townsed, 2003; Raymond *et al.*, 2015). Some research have even point out the reduction of the population or even the extinction of native species when non-native species arrive (Mooney and Cleland, 2001; Mendoza-Alfaro *et al.*, 2011). For example, in fish, tilapias have been reported as invaders in places where they have been introduced (Canónico *et al.*, 2005). Nilotic tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), displaced the red moon fish, *Lepomis miniatus* (Jordan, 1877), from the Mexican Gulf estuaries, which was their original habitat (Martin *et al.*, 2010). In the same way, the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852), has been reported as an invader in freshwater, marine and estuarine water (Canónico *et al.*, 2005).

Mozambique tilapia was introduced in to the Amacuzac River in Morelos, Mexico. This river is one of the 12 sub-basins that include the hydrological region of the Balsas basin in central Mexico (Toledo and Bozada, 2002). Amacuzac River's path is 240 km long, and until 2016 there were seven native species of fish and 12 non-native ones (Rosales, 2016). The presence of non-native fish demands a larger research in the native species populations and communities that can help the conservation of native resources from the basin (Schofield and Loftus, 2015). In the Cichlid family, Mexican mojarra, *Cichlasoma istlanum* (Jordan and Snyder, 1899) is the only native cichlid in the Amacuzac River (Danko, 1991) and nowadays coexists with four non-native members from the same family (Mejía-Mojica *et al.*, 2012). In many communities, artisanal fishery of this cichlid has decreased drastically, finding increasingly smaller catches and with smaller organisms (Luna-Figueroa, 2007). Mexican mojarra is part of the daily diet of the communities near this river and they depend on capturing them from their natural environment. Despite several attempts for reintroducing this fish into their natural environment, there is no management and/or reintroduction strategy to the natural environment for this native resource.

The most abundant non-native cichlid in the Amacuzac River is the convict fish, *Amatitlania nigrofasciata* (Günther, 1867), with an abundance of 52.42% followed by the Mozambique tilapia with 16.25%, spotcheek cichlid, *Thorichthys maculipinnis* (Meek, 1904) with 12.45% and the green terror, *Andinoacara rivulatus* (Günther, 1860) with 9.90%, meanwhile the Mexican mojarra represents just 8.97% of the cichlids (Rosales,

2016). In Mexico the convict fish, the spotcheek cichlid, and the green terror are used as ornamental fish, and the Mozambique tilapia is used for meat production (Mejía-Mojica *et al.*, 2012). Mexican mojarra is used as food resource and its maintenance and reproduction in captivity has been investigated (Luna-Figueroa and Figueroa, 2000).

In this paper we revised the knowledge that exists about cichlids from the Amacuzac River. The bibliographic search was done in Google Scholar, using the species key words and their common name. Researches were classified in categories depending on their topic, but almost all the research is focused on the way the tilapia is managed, and the convict fish behaviour (table 1).

Table 1
Researches conducted in the cichlids of the Amacuzac River (1954-2017).

Fish species	Common name	A	B	C	D	E	F	G
<i>A. nigrofasciata</i>	Convict fish	90	3	61	7	6	11	2
<i>A. rivulatus</i>	Green terro	19	4	0	8	2	4	1
<i>C. istlanum</i>	Mexican mojarra	8	1	0	3	2	1	1
<i>O. mossambicus</i>	Mozambique tilapia	1018	179	67	177	101	129	365
<i>T. maculipinnis</i>	Spotcheek cichlid	1	0	0	0	0	1	0

A) Total researches, B) water quality, C) behavior and chemical signs, D) feeding and growth, E) genetic and reproduction, F) descriptive and population, G) health.

Anthropogenic importance

The most studied cichlid is the Mozambique tilapia with 1,018 researches because of the importance this fish has as an organism for human consumption. The category with more studies of this fish was health, with 35.85% due to the relevance of their potential zoonosis (Barson *et al.*, 2008), parasites (Madanire-Moyo *et al.*, 2011), and the possible presence of heavy metals in their meat (Liao *et al.*, 2003). Categories such as management and water quality (17.58%), feeding and growth (17.39%) were also a high percentage of the researches of this organism with commercial importance (table 1).

The convict fish was the second cichlid with more studies, with more than 90 researches (table 1). The use of this fish as an ornamental animal has taken it to be introduce in several countries (Piazzini *et al.*, 2010) and it's a potential invader organism (Ishikawa and Tachihara, 2010) that has been used to explain the possible processes of non-native fish invasion (Chapple *et al.*, 2012).

The fewest studied fish in the anthropogenic importance area is the green terror, with 19 researches and the spotcheek cichlid with one; both of them are used as ornamental species. The Mexican mojarra was the penultimate less studied cichlid, with eight re-

searches (Table 1); this fish is used as a fishing resource for human consumption (Luna-Figueroa *et al.*, 2003), and could be used for culture and reproduction, like the Mozambique tilapia. The management of the Mexican mojarra in captivity could be a mechanism that allows recovering the population on their natural environment and increases the researches of the commercial importance. Today there is no strategy of management for this fish or to reintroduce it to their natural environment.

Behavior and chemical signs

Behavior changes have been identified as an important factor to explain invasion processes (Holway and Suarez, 1999; Chapple *et al.*, 2012; Capelle *et al.*, 2015). Cichlid family presents parental care, territoriality, complex courtship and a remarked social organization, that's why they have been used as behavior models and to measure the chemical signaling between them (Barlow, 1974; Pollen *et al.*, 2007; Keller-Costa *et al.*, 2015).

From the cichlids living in the Amacuzac River, the convict fish could be the fish that has the highest levels of aggression (Ratnasabapathi *et al.*, 1992). This fish was the second cichlid with more studies (90 researches); 67.77% focused on their behavior and chemical signs (table 1). It's used as a biological model to study aggressive behavior (Chee *et al.*, 2013) and sexual selection in monogamous species (Noonan, 1983). The Mexican mojarra coexist with four cichlid species in the Balsas basin, and even though they have been observed fighting for shelters (personal observations), nowadays their competitive interactions are unknown.

On the other hand, the reproductive behavior of the convict fish has been studied (Wisenden, 1995), finding that feeding affects in reproduction and in parental care (Townshend and Wootton, 1984). Additionally, the sexual selection of convict fish females has been evaluated focusing in the male's size and competitive ability (Gagliardi-Seeley *et al.*, 2009). Other studies have reported that Mozambique tilapia male produce sounds during courtship and reproduction (Amorim *et al.*, 2003) and that the jaw structure and the fins (dorsal and anal) of this fish are the most important features for having success in reproduction (Oliveira and Almada, 1995). As for the others cichlids, the green terror and the spotcheek cichlid, their reproductive behavior have not been studied. The Mexican mojarra has been reproducing in laboratory and the frequency of spawning in captivity has been described (Luna-Figueroa and Figueroa, 2000). However their behavior mechanisms related with reproduction are still unknown.

As for the studies on social hierarchy, they have found that dominant convict fish grew faster than the subordinates (Lee *et al.*, 2011) and they present a reversion in dominance associated to the formation of reproductive couples (Gagliardi-Seeley, 2012). It has been proven that those changes in the acoustics of the environment affect the foraging and how they use shelter (McLaughlin and Kunc, 2015), and that the presence of a predator increases parental care (Zworykin, 2011). On the other hand, the chemical compounds segregated by the dominant male of the Mozambique tilapia, determines the hierarchical decisions in these animals (Barata *et al.*, 2007), and as the convict fish, this cichlids present reversion in dominancy (Oliveira and Almada, 1996). As for the

green terror, the Mexican mojarra and the spotcheek cichlid, their hierarchical behavior hasn't been studied.

The Mexican mojarra represents a great field for behavior researches, and this could give knowledge to captivity management in a more efficient way, for example, in position in hierarchy maintenance, intraspecific competition, and sexual selection.

Growth, water quality, and health

Fish growing is one of the most studied aspects because it is a good indicator of the organisms health that is determined by the amount and quality of the food and for the physical and chemical characteristics of the water (Cerdá, 2016; Gabriel *et al.*, 2017). Feeding and growth in the different stages of the Mozambique tilapia represent an intensive research all over the years (Rana, 1985; Olvera-Novoa *et al.*, 1990; El-Dahhar and Lovell, 1995; Olvera-Novoa *et al.*, 1998; Keshavanath *et al.*, 2004; Gabriel *et al.*, 2017). Growth and morphological changes patterns of the green terror have been studied (Moshayedi *et al.*, 2017). Probiotics that stimulate growing have been used in the convict fish (Mohammadi *et al.*, 2015; Ramezani and Moghaddasi, 2017). The spotcheek cichlid doesn't have feeding and growing researches, and the Mexican mojarra, has three (Luna-Figueroa and Benítez, 1999; Luna-Figueroa and Figueroa, 2003; Luna-Figueroa, 2007).

Mozambique tilapia is the cichlid with more researches in health, water quality, feeding and growing categories. There are studies on metals found in their meat, such as Cadmium, Copper, Mercury, Arsenic, and Silver (Pelgrom *et al.*, 1995; Tsai *et al.*, 1995; Liao *et al.*, 2003; Govindasamy and Rahuman, 2012), and also different parasites and diseases (kaneko *et al.*, 1988; Madanire-Moyo *et al.*, 2011; Firmat *et al.*, 2016). The convict fish and the green terror have researches about parasites found in different parts of their body, for example gills, intestine, and liver (Salgado-Maldonado, 2008; Luque *et al.*, 2016). The Mexican mojarra has been found parasitized in the base of the pectoral fins by the parasite *Philometra poblana* (Caspeta-Mandujano *et al.*, 2009), and there are not researches focused on the detection or treatment of diseases or metal presence in this animals. The spotcheek cichlid does not even have health studies.

From the Mozambique tilapia we know characteristics related with the water quality needed for their culture, such as salinity, temperature, sedimentation, and dissolved solids (Villegas, 1990; Fiess *et al.*, 2007; Arain *et al.*, 2008; Zikos *et al.*, 2014). From the convict fish we just know factors like metabolic rate and oxygen consumption (Fidhiany and Wincler, 1998), the stress of the green terror has been studied in situations of oxygen absence (Neissi *et al.*, 2015). From the Mexican mojarra basic requirements for its culture are known, like physical and chemical water parameters, and there is just one study about thermal preference (Luna-Figueroa *et al.*, 2003). The spotcheek cichlid doesn't have any research about water quality.

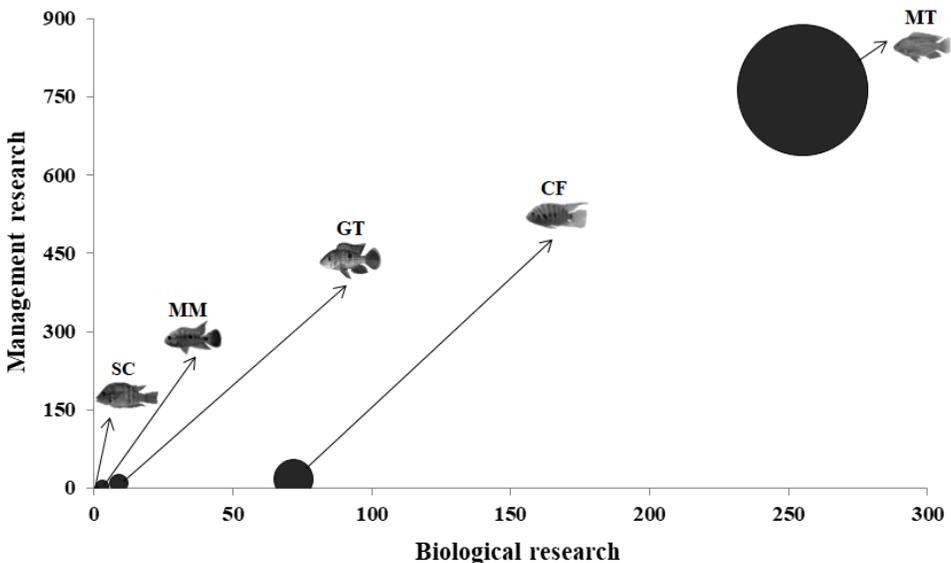
Management and biological researches

Fish used as ornamental organisms and for meat production, represent research fields with relevant economical interest (Melamed *et al.*, 2002). Management in captivity of these organisms is one of the most studied factors (Tanaka *et al.*, 2003). The characteristics that delimitate a good fish management could represent the success or failure of it. In this work, the total researches were divided in management and biological researches. It was considered as management research, the papers that were oriented to culture, and fish maintenance. Biological researches were based on papers on the species' biology (figure 1).

Mozambique tilapia presented 763 management and 255 biological researches. The convict fish had 18 management researches and 72 biological. The green terror had ten management and nine biological researches. Mexican mojarra actually presents five management and three biological researches, and the spotcheek cichlid only had a biological study (figure 1).

Figure 1

Biological and management researches of cichlid fish of the Amacuzac River.



SC: Spotcheek cichlid, MM: Mexican mojarra, GT: Green terror, CF: Convict fish, and MT: Mozambique tilapia. The size diameter of the circles indicates the total of researches of each species (1954-2017).

Conclusions

Three of the non-native fish species (Mozambique tilapia, convict fish, and green terror) showed more researches than the native species (Mexican mojarra) and just one non-native species (spotcheek cichlid) showed less. These researches are focused in the importance that this species have to men, either by being organisms used for food, as ornaments or by potential invaders. The researches presented in this paper could show how the native species develops in their natural state, however, it is essential to do more studies about the Mexican mojarra in order to propose a management strategy for the species. The biggest number of researches about non-native species in the Amacuzac River, demands a bigger research of the native species that allows the conservation of it. The wildlife conservation organizations need biological and ecological information in order to make decisions about native and non native species.

Acknowledgements

We thank José Figueroa, Judith García, and Humberto Mejía for helpful comments. We particularly thank the CONACYT Program for providing a full scholarship to Marco Polo Archundia. Thanks to Lovie Sabugo for editing this english-language text.

References

- Amorim, M. C. P.; Fonseca, P.J. and Almada V. C. (2003). Sound production during courtship and spawning of *Oreochromis mossambicus*: male–female and male–male interactions. *J Fish Biol.* 62(3): 658-672.
- Arain, M. B.; Kazi, T. G.; Jamali, M. K.; Jalbani, N.; Afridi, H. I. and Shah, A. (2008). Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. *Chemosphere* 70(10): 1845-1856.
- Barata, E. N.; Hubbard, P. C.; Almeida, O. G.; Miranda, A. and Canário, A. V. (2007). Male urine signals social rank in the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *BMC Biol.* 5(1): 54.
- Barlow, G. W. (1974). Contrasts in social behavior between Central American cichlid fishes and coral-reef surgeon fishes. *Am Zool.* 14(1): 9-34.
- Barson, M.; Bray, R.; Ollevier, F. and Huyse, T. (2008). Taxonomy and faunistics of the helminth parasites of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), and *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) from temporary pans and pools in the Save-Runde River floodplain, Zimbabwe. *Comp Parasitol.* 75(2): 228-240.
- Canonico, G. C.; Arthington, A.; McCrary, J. K. and Thieme, M. L. (2005). The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquat Conserv.* 15(5): 463-483.
- Capelle, P. M.; McCallum, E. S. and Balshine, S. (2015). Aggression and sociality: conflicting or complementary traits of a successful invader? *Behaviour* 152(2): 127-146.
- Caspeta-Mandujano, J. M.; Ramírez, J. G. and Peralta-Rodríguez, J. L. (2009). A new philometrid species (Nematoda) from the freshwater fish *Cichlasoma istlanum* (Jordan and Snyder, 1899) (Cichlidae) in Mexico. *J Parasitol.* 95(2): 403-406.
- Cerdá, M. J. (2016). Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Revista AquaTIC.* (9): 1-11.
- Chapple, D. G.; Simmonds, S. M. and Wong, B. B. (2012). Can behavioral and personality traits influence the success of unintentional species introductions? *Trends Ecol Evol.* (1): 57-64.

- Chee, S. S. A.; Espinoza, W. A.; Iwaniuk, A. N.; Pakan, J. M.; Gutiérrez-Ibáñez, C.; Wylie, D. R. and Hurd, P. L. (2013). Social status, breeding state, and GnRH soma size in convict cichlids (*Cryptoheros nigrofasciatus*). *Behav. Brain Res.* 237: 318-324.
- Danko, D. (1991). *Cichlasoma* (Parapetenia) *istlanum* (Jordan y Snyder 1899). *The Journal of the American Cichlid Association* 10(7): 10-12.
- El Dahhar, A. A. and Lovell, R. T. (1995). Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body composition of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquacult Res.* 26(7): 451-457.
- Fidhiany, L. and Winckler, K. (1998). Influence of body mass, age, and maturation on specific oxygen consumption in a freshwater cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum* (Günther, 1869). *Comp Biochem Physiol Part A Mol Integr Physiol.* 119(2): 613-619.
- Fiess, J. C.; Kunkel-Patterson, A.; Mathias, L.; Riley, L. G.; Yancey, P. H.; Hirano, T. and Grau, E. G. (2007). Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability, organic osmolytes, and plasma hormone profiles in the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Comp Biochem Physiol Part A Mol Integr Physiol.* 146(2): 252-264.
- Firmat, C.; Alibert, P.; Mutin, G.; Losseau, M.; Pariselle, A. and Sasal, P. (2016). A case of complete loss of gill parasites in the invasive cichlid *Oreochromis mossambicus*. *Parasitol Res.* 115(9): 3657-3661.
- Gabriel, N. N.; Omoregie, E.; Tijpute, M.; Kukuri, L. and Shilombwelwa, L. (2017). Short-term cycles of feed deprivation and refeeding on growth performance, feed utilization, and fillet composition of hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Isr J Aquac.* 69: 1344-1350.
- Gagliardi-Seeley, J.; Leese, J.; Santangelo, N. and Itzkowitz, M. (2009). Mate choice in female convict cichlids (*Amatitlania nigrofasciata*) and the relationship between male size and dominance. *J Ethol.* 27(2): 249-254.
- Gagliardi-Seeley, J. (2012). Dominance status reversal based on pair-bond formation in the convict cichlid (*Amatitlania nigrofasciata*). *J Ethol.* 30(2): 317-323.
- Govindasamy, R. and Rahuman, A. A. (2012). Histopathological studies and oxidative stress of synthesized silver nanoparticles in Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *J Environ Sci.* 24(6): 1091-1098.
- Günther, A. (1867). VIII. Additions to the knowledge of Australian reptiles and fishes. *J Nat Hist.* 20(115): 45-67.
- Holway, D. A. and Suarez, A. V. (1999). Animal behavior: an essential component of invasion biology. *Trends Ecol Evol.* 14(8): 328-330.
- Ishikawa, T. and Tachihara, K. (2010). Life history of the nonnative convict cichlid *Amatitlania nigrofasciata* in the Haebaru Reservoir on Okinawa-jima Island, Japan. *Environ Biol Fishes.* 88(3): 283-292.
- Jordan, D. S. and Snyder, J. O. (1899). Notes on a collection of fishes from the rivers of Mexico, with description of twenty new species. *Bulletin of the U.S. Fish Commission* 19(1901): 115-147.
- Kaneko, J.; Yamada, R.; Brock, J. A. and Nakamura, R. M. (1988). Infection of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Trewavas), by a marine monogenean, *Neobenedenia melleni* (MacCallum, 1927) Yamaguti, 1963 in Kaneohe Bay, Hawaii, USA, and its treatment. *J Fish Dis.* 11(4): 295-300.
- Keller-Costa, T.; Canário, A. V. and Hubbard, P. C. (2015). Chemical communication in cichlids: a mini-review. *Gen Comp Endocrinol.* 221: 64-74.
- Keshavanath, P.; Gangadhar, B.; Ramesh, T. J.; Van Dam, A. A.; Beveridge, M. C. M. and Verdegem, M. C. J. (2004). Effects of bamboo substrate and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). *Aquaculture.* 235(1): 303-314.
- Lassuy, D. (1995). Introduced species as a factor in extinction and endangerment of native fish species. *Am Fish Soc Symp.* 15: 391-396.
- Lee, G.; Grant, J. W. and Comolli, P. (2011). Dominant convict cichlids (*Amatitlania nigrofasciata*) grow faster than subordinates when fed an equal ration. *Behaviour.* 148(8): 877-887.
- Leprieux, F.; Hickey, M. A.; Arbuckle, C. J.; Closs, G. P.; Brosse, S. and Townsend, C. R. (2006). Hydrological disturbance benefits a native fish at the expense of an exotic fish. *J Appl Ecol.* 43(5): 930-939.

- Liao, C. M.; Chen, B. C.; Singh, S.; Lin, M. C.; Liu, C. W. and Han, B. C. (2003). Acute toxicity and bioaccumulation of arsenic in tilapia (*Oreochromis mossambicus*) from a blackfoot disease area in Taiwan. *Environ Toxicol.* 18(4): 252-259.
- Luna-Figueroa, J. and Benítez, C. O. (1999). Efecto del alimento vivo en el crecimiento de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios.* 15(29): 37-47.
- Luna-Figueroa, J. and Figueroa, T. J. (2000). Reproducción y crecimiento en cautiverio de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae). *AquaTIC.* 10: 1-13.
- Luna-Figueroa, J. and Figueroa, T. J. (2003). Crecimiento de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae): alimento vivo versus alimento comercial. II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura 1: 48-54.
- Luna-Figueroa, J.; Díaz, F. and Espina, S. (2003). Preferred temperature of the mexican native cichlid *Cichlasoma istlanum* (Jordan and Snyder, 1899). *Hidrobiológica.* 13(4): 271-275.
- Luna-Figueroa, J. (2007). Efecto de larvas de mosquito *Culex stigmatosoma* (Dyar) como alimento vivo sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Jordan y Snyder). *Naturaleza y Desarrollo* 5(1): 11-16.
- Luque, J.; Cruces, C.; Chero, J.; Paschoal, F.; Alves, V.; Da Silva, C.; Sanchez, L. and Iannacone, J. (2016). Checklist of metazoan parasites of fishes from Perú. *Neotrop Helminthol.* 10(2): 301-375.
- Madanire-Moyo, G. N.; Matla, M. M.; Olivier, P. A. S. and Luus-Powell, W. J. (2011). Population dynamics and spatial distribution of monogeneans on the gills of *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) from two lakes of the Limpopo River System, South Africa. *J Helminthol.* 85(2): 146-152.
- Martin, C. W.; Valentine, M. M. and Valentine, J. F. (2010). Competitive interactions between invasive Nile tilapia and native fish: the potential for altered trophic exchange and modification of food webs. *PLoS ONE.* 5(12): e14395.
- Mendoza-Alfaro, R. E.; Koleff-Osorio, P.; Ramírez-Martínez, C. and Orbe-Mendoza, A. (2011). La evaluación de riesgos por especies acuáticas exóticas invasoras: una visión compartida para Norteamérica. *Ciencia Pesquera* 19: 65-75.
- McLaughlin, K. E. and Kunc, H. P. (2015). Changes in the acoustic environment alter the foraging and sheltering behaviour of the cichlid *Amatitlania nigrofasciata*. *Behav Processes* 116: 75-79.
- Meek, S. E. (1904). The fresh-water fishes of Mexico north of the Isthmus of Tehuantepec. *Field Columbian Museum* 5: 1-252.
- Mejía-Mojica, H.; Rodríguez-Romero, F. D. J. and Díaz-Pardo, E. (2012). Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, México. *Rev Biol Trop.* 60(2): 669-681.
- Melamed, P.; Gong, Z.; Fletcher, G. and Hew, C. L. (2002). The potential impact of modern biotechnology on fish aquaculture. *Aquaculture.* 204(3): 255-269.
- Mohammadi, F.; Mousavi, S. M.; Ahmadoradi, E.; Zakeri, M. and Jahedi, A. (2015). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on survival rate and growth performance of Convict Cichlid (*Amatitlania nigrofasciata*). *Iran J Vet Res.* 16(1): 59-62.
- Mooney, H. A. and Cleland E. E. M. (2001). The evolutionary impact of invasive species. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 98: 5446-5451.
- Moshayedi, F.; Eagderi, S. and Rabbaniha, M. (2017). Allometric growth pattern and morphological changes of green terror *Andinoacara rivulatus* (Günther, 1860) (Cichlidae) during early development: Comparison of geometric morphometric and traditional methods. *Iran J Fish Sci.* 16(1): 222-237.
- Neissi, A.; Rafiee, G.; Nematollahi, M.; Razavi, S. H. and Maniee, F. (2015). Influence of supplemented diet with *Pediococcus acidilactici* on non-specific immunity and stress indicators in green terror (*Aequidens rivulatus*) during hypoxia. *Fish Shellfish Immunol.* 45(1): 13-18.
- Noonan, K. C. (1983). Female mate choice in the cichlid fish *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Anim Behav.* 31(4): 1005-1010.
- Oliveira, R. F. and Almada, V. C. (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. *J Fish Biol.* 46(6): 1055-1064.

- Oliveira, R. F. and Almada, V. C. (1996). On the (in) stability of dominance hierarchies in the cichlid fish *Oreochromis mossambicus*. *Aggress Behav.* 22: 37-45.
- Olvera-Novoa, M. A.; Campos, S. G.; Sabido, M. G. and Palacios, C. A. M. (1990). The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture* 90(3-4): 291-302.
- Olvera-Novoa, M. A.; Dominguez-Cen, L. J.; Olivera-Castillo, L. and Martínez-Palacios, C. A. (1998). Effect of the use of the microalga *Spirulina maxima* as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. *Aquac Res.* 29(10): 709-715.
- Pelgrom, S. M. G. J.; Lock, R. A. C.; Balm, P. H. M. and Bonga, S. W. (1995). Effects of combined waterborne Cd and Cu exposures on ionic composition and plasma cortisol in tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Comp Biochem Physiol C Pharmacol Toxicol Endocrinol.* 111(2): 227-235.
- Piazzini, S.; Lori, E.; Favilli, L.; Cianfanelli, S.; Vanni, S. and Manganelli, G. (2010). A tropical fish community in thermal waters of southern Tuscany. *Biol Invasions.* 12(9): 2959-2965.
- Pollen, A. A.; Dobberfuhl, A. P.; Scace, J.; Igulu, M. M.; Renn, S. C.; Shumway, C. A. and Hofmann, H. A. (2007). Environmental complexity and social organization sculpt the brain in Lake Tanganyikan cichlid fish. *Brain Behav Evol.* 70(1): 21-39.
- Ramezani, F. and Moghaddasi, B. (2017). Dietary effects of the probiotic *Pediococcus acidilactici* on growth and feeding indices in the convict cichlid fish (*Amatitlania nigrofasciata*). *Journal of Animal Biology.* 9(2): 45-57.
- Rana, K. J. (1985). Influence of egg size on the growth, onset of feeding, point-of-no-return, and survival of unfed *Oreochromis mossambicus* fry. *Aquaculture.* 46(2): 119-131.
- Ratnasabapathi, D.; Burns, J. and Soucek, R. (1992). Effects of temperature and prior residence on territorial aggression in the convict cichlid *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Aggress Behav.* 18(5): 365-372.
- Raymond, W. W.; Albins, M. A. and Pusack, T. J. (2015). Competitive interactions for shelter between invasive Pacific red lionfish and native Nassau grouper. *Environ Biol Fishes.* 98(1): 57-65.
- Rosales, N. Q. (2016). *Características ecológicas de la ictiofauna del Río Amacuzac*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. México.
- Salgado-Maldonado, G. (2008). Helminth parasites of freshwater fish from Central America. *Zootaxa.* 1915: 29-53.
- Schofield, P. J. and Loftus, W. F. (2015). Non-native fishes in Florida freshwaters: a literature review and synthesis. *Rev Fish Biol Fish.* 25(1): 117-145.
- Simon, K. and Townsend, C. (2003). Impacts of freshwater invaders at different levels of ecological organization, with emphasis on salmonids and ecosystem consequences. *Freshw Biol.* 48: 982-994.
- Tanaka, H.; Kagawa, H.; Ohta, H.; Unuma, T. and Nomura, K. (2003). The first production of glass eel in captivity: fish reproductive physiology facilitates great progress in aquaculture. *Fish Physiol Biochem.* 28(1): 493-497.
- Toledo, A. and Bozada L. (2002). *El Delta del Río Balsas*. INE-SEMARNAT. México. 294 pp.
- Townshend, T. J. and Wootton, R. J. (1984). Effects of food supply on the reproduction of the convict cichlid, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *J Fish Biol.* 24(1): 91-104.
- Traveset, A. and Santamaría, L. (2004). Alteración de mutualismos planta-animal debido a la introducción de especies exóticas en ecosistemas insulares. *Ecología Insular* 251-276.
- Tsai, C. L.; Jang, T. H. and Wang, L. H. (1995). Effects of mercury on serotonin concentration in the brain of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Neurosci Lett.* 184(3): 208-211.
- Villanueva, M. and Roig, V. (1995). La ictiofauna de Mendoza. Reseña histórica, introducción y efectos de especies exóticas. *Multequina* 4: 93-104.
- Villegas, C. T. (1990). Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F1 hybrids. *Aquaculture.* 85(1-4): 281-292.
- Wisenden, B. D. (1995). Reproductive behaviour of free-ranging convict cichlids, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Environ Biol Fishes.* 43: 121-134.

- Zikos, A.; Seale, A. P.; Lerner, D. T.; Grau, E. G. and Korsmeyer, K. E. (2014). Effects of salinity on metabolic rate and branchial expression of genes involved in ion transport and metabolism in Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 178: 121-131.
- Zworykin, D. D. (2011). Effect of predator presence on parental behavior of convict cichlid *Amatitlania nigrofasciata* (Perciformes, Cichlidae). *J Ichthyol.* 51(1): 116-121.

Recibido: 22 de junio de 2018

Envío arbitraje: 28 de junio de 2018

Dictamen: 30 de agosto de 2018

Aceptado: 7 de noviembre de 2018



Título: *Cíclidos de modelos*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: Acuarela
Dimensiones: 14.5 x 19.5 cm