



# Agraria

Vol. 11, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014 • ISSN 0186 8063



Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro, vol. 11, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014.

*Centéotl*, deidad azteca de la agricultura, es una advocación de Chicomecóatl, diosa del maíz. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en su afán de rescatar los valores del pasado histórico de México, la ha adoptado como logotipo de su revista científica, como símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces culturales.

#### COMITÉ EDITORIAL

*Editor en Jefe*  
Miguel A. Capó Arteaga

*Editor Ejecutivo*  
Jesús Valdés Reyna

*Editor Asociado*  
José Hugo Rancaño Arrijoa

#### EDITORES TÉCNICOS

*Fitomejoramiento, Unidad Laguna*  
José Puente Manríquez

*Riego y drenaje*  
Raúl Rodríguez García

*Producción animal*  
Jesús M. Fuentes Rodríguez

*Redacción científica en inglés*  
Érika Patricia Carrizales Ruiz

*Apoyo*  
Alma Rosa Ortiz Gámez

*Edición*  
Delirio. Servicios Editoriales



*Diseño*  
Rebeca Ramírez

*Formación*  
Carolina Guillén

*Cuidado de la edición*  
Anastasia Rodríguez

Portada: *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt. & Rose es una cactácea muy hermosa del Desierto Chihuahuense, se le conoce comúnmente como botón o biznaga blanca chilona. Se distribuye, desde el sur de Texas hasta el sur de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas. Actualmente se encuentra enlistada como especie con protección especial según la NOM-059-SE-MARNAT-2010.

Fotografía: Hugo Rancaño

#### Rector

Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo

#### Secretario General

Ing. Lorenzo Castro Gómez

#### Director General Académico

Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

#### Director de Investigación

M. C. Alfredo Sánchez López

#### Subdirector de Programación y Evaluación

Dr. Alfredo de la Rosa Loera

#### Subdirector de Operación de Proyectos

M. C. José A. Nájera Castro

#### Subdirector de Investigación en la Unidad Laguna

Dr. Armando Espinoza Banda

*Agraria* está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México.  
<http://www.uaaan.mx/agraria/>  
E-mail: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx)  
Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación.

Se autoriza la reproducción de artículos si se cita la fuente.

*Agraria*, vol. 11, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de la Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. <http://www.uaaan.mx/agraria/> E-mail: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx) Tels. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax: +52 (844) 411 02 11. Editor responsable: José Hugo Rancaño Arrijoa. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título (en trámite); ISSN 0186-8063, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título: en trámite. Certificado de Licitud de Contenido: en trámite, que otorga la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en Digital Color: Arteaga Norte núm. 225, zona centro, C.P. 25000, Saltillo, Coah. Tel. +52 (844) 481 58 42. Este volumen se terminó de imprimir en diciembre de 2014, y consta de 200 ejemplares.

# CONTENIDO

## PÁGINA

83

Características morfológicas relacionadas con la tolerancia a sequía en triticale

Morphological Traits Related to Drought Tolerance in Triticale

Javier Montejó-Hernández, Alejandro Javier Lozano-del Río, Víctor Manuel Zamora-Villa, Carlos Javier Lozano-Cavazos, Luis Ibarra-Jiménez, Iliana de la Garza

91

Propagación *in vitro* de *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt & Rose (Cactaceae), especie con protección especial

*In vitro* propagation of *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt & Rose (Cactaceae), species with special protection

Martha Monzerrath Orozco-Sifuentes, Leticia Escobedo-Bocardo, Humberto Reyes-Valdés, Alejandra Torres-Tapia, Ana María-Ochoa

97

Detección de *Fusarium verticillioides* en genotipos de maíz y su biocontrol *in vitro* con especies de *Trichoderma*

Detection of *Fusarium verticillioides* in Maize Genotypes and *in vitro* Biocontrol with *Trichoderma* species

Epifanio Castro-del Ángel, Abiel Sánchez-Arizpe, María Elizabeth Galindo-Cepeda, Mario Ernesto Vázquez-Badillo

103

Degradación y absorción de fuentes proteicas en la cinética ruminal de los ovinos

Degradation and Absorption of Protein Sources in the Ovine Ruminal Kinetics

Bulmaro Méndez-Argüello, Fernando Ruiz-Zárate, Alberto Guerrero-Rodríguez, Ramiro López-Trujillo, Roberto García-Elizondo, Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez

111

Efecto del anticuerpo IgY y núcleo proteico NuPro en el desempeño y características de la canal de corderos en crecimiento

Effect of IgY Antibody and Protein core NuPro on Performance and Carcass Characteristics of Growing Lambs

Teresa Bautista-Castillo, Ramón Florencio García-Castillo, Félix de Jesús Sánchez-Pérez, Roberto García-Elizondo, Jaime Salinas-Chavira, Jorge Ramsy Kawas-Garza



# Características morfológicas relacionadas con la tolerancia a sequía en triticale

## Morphological Traits Related to Drought Tolerance in Triticale

Javier Montejó-Hernández, Alejandro Javier Lozano-del Río\*, Víctor Manuel Zamora-Villa, Carlos Javier Lozano-Cavazos, Luis Ibarra-Jiménez, Iliana de la Garza

Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Tel.: [844] 4 110254. E-mail: jlozrio@UAAAN.mx; ajlozanodelrio@yahoo.com [\*Autor responsable]

### RESUMEN

El factor abiótico más importante que limita el crecimiento de los cultivos es la disponibilidad de agua. El rendimiento es el principal índice de selección bajo condiciones de estrés de humedad. La eficiencia de selección puede mejorarse si se identifican atributos morfológicos y/o fisiológicos ligados al rendimiento bajo ambientes de estrés y emplearse como criterio de selección complementario. Estas características deben estar relacionadas positivamente con la tolerancia al estrés y ser de fácil evaluación. El estudio se realizó en dos localidades del norte de México durante el ciclo otoño-invierno (OI) 2012-2013, en Zaragoza, Coah., y el verano de 2013, en Navidad, N.L., donde se evaluaron 33 genotipos de triticale bajo diferentes regímenes de humedad. El diseño experimental consistió de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento en los cinco ambientes. Se realizaron análisis de varianza individuales por ambiente y combinados entre ambientes para las variables estudiadas. Las variables fueron: longitud de pedúnculo (LP), longitud de espiga (LE), peso seco de pedúnculo (PSP), peso seco de espigas (PSE), peso seco de hoja bandera (PSHB) y rendimiento de grano (RG). Se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre ambientes, tratamientos y la interacción ambientes x tratamientos. La prueba de comparación de medias entre los ambientes mostró que los ambientes con menor estrés hídrico reportaron los mayores valores para todas las características. Los análisis de regresión entre las variables morfológicas y agronómicas estudiadas y el rendimiento de grano mostraron una estrecha relación significativa y positiva con el rendimiento de grano, siendo factible la selección indirecta para tolerancia a sequía en triticale, particularmente la longitud del pedúnculo, la cual es una característica de fácil evaluación visual en campo, convirtiéndose en herramientas útiles en la selección de genotipos en ambientes con déficits de humedad.

**Palabras clave:** Triticale, *X Triticosecale* Wittmack, sequía, tolerancia.

### ABSTRACT

The major abiotic factor limiting crop growth is the availability of water. Yield is the main indication of selection under moisture stress conditions. Selection efficiency can be improved identifying morphological and / or physiological attributes related to performance under stress environments as additional selection criteria. These characteristics should be positively related to stress tolerance and be easily evaluated. The study was conducted in two localities in northern Mexico during the fall-winter 2012-2013 in Zaragoza, Coahuila, and the summer of 2013 in Navidad, N.L., where 33 triticale genotypes under different moisture regimes were evaluated. A complete randomized design with three replications in five environments of moisture was used. Individual and combined analysis of variance between environments were performed. The variables were: peduncle length (PL), spike length (SL), peduncle dry weight (PDW), spikes dry weight (SDW), flag leaf dry weight (FLDW) and grain yield (GY). Highly significant differences between environments, treatments, and treatment x environment interaction were recorded. The mean test between environments showed that environments with lower water stress reported higher values for all traits. Regression analysis between morphological and agronomic variables and grain yield showed a significant and positive relationship. Indirect selection for drought tolerance in triticale is feasible, particularly peduncle length, which is of easy evaluation, becoming useful tools in the selection of genotypes in environments with moisture deficits.

**Key words:** Triticale, *X Triticosecale* Wittmack, drought, tolerance.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático que potencialmente llevará a un incremento en las temperaturas y pérdidas por evapotranspiración, y que eventualmente reducirá la precipitación, se espera que tenga un efecto particularmente negativo en la agricultura en muchos países en desarrollo (Rijsberman, 2006; TheWorld Bank, 2007; Lobell *et al.*, 2008).

El estrés abiótico reduce con frecuencia el crecimiento y la productividad de los cultivos, como es el caso de los cereales. El factor abiótico más importante que limita el crecimiento de los cultivos es la disponibilidad de agua (Araus *et al.*, 2002).

El rendimiento es el principal índice de selección bajo condiciones de estrés de humedad. La identificación de características morfológicas y fisiológicas responsables de la tolerancia a sequía debe considerarse en los programas de mejoramiento, ya que el rendimiento de grano y la resistencia a sequía son controlados por loci independientes (Morgan, 1984).

La eficiencia de selección puede mejorarse si se pueden identificar atributos morfológicos y/o fisiológicos ligados al rendimiento bajo un ambiente de estrés y emplearse como criterio de selección para complementar el mejoramiento tradicional (Acevedo, 1991). Estas características morfofisiológicas deben ser de alta heredabilidad, muy relacionadas con la tolerancia al estrés y de fácil evaluación.

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cultivo sintético que en la actualidad contribuye con más de 6 millones de toneladas por año a la producción mundial de cereales (Varughese, 1996).

Desde hace aproximadamente 30 años, se ha incrementado el interés en el uso del triticale como forraje a nivel mundial y nacional. Se ha reportado que tiene tolerancia superior a baja disponibilidad de nutrientes, sequía, heladas, suelos ácidos, aluminio y salinidad (Lelley, 2006).

La sequía es uno de los principales obstáculos para la producción de trigo bajo condiciones de secano en la región mediterránea y otras regiones geográficas similares, como el norte de México.

Los criterios de selección para tolerancia a sequía pueden ser herramientas útiles en los programas de mejoramiento de cereales como el trigo y el triticale.

Para evaluar la utilidad de algunas características morfológicas arriba del nudo de la hoja bandera como indicadores del rendimiento, Villegas *et al.*

(2007) evaluaron 10 genotipos de trigo duro bajo dos regímenes de humedad en dos localidades durante tres años en España. La longitud del pedúnculo, el peso y longitud de la espiga, el peso del pedúnculo y la espiga estuvieron significativamente relacionados con el rendimiento dentro de los ambientes. El peso del pedúnculo y la espiga fueron las características más relacionadas al rendimiento en los experimentos combinados y en las localidades bajo precipitación, mientras que en las localidades bajo riego la longitud de espiga fue mejor.

Algunos estudios (Kaul, 1974; Briggs y Aytenfisu, 1980) han reportado que los tejidos verdes encima del nudo de la hoja bandera son los principales responsables de la producción de carbohidratos que llenan los granos, ya que las hojas inferiores pierden rápidamente su capacidad de asimilación y mueren pronto bajo condiciones de sequía.

Se considera que la hoja bandera aporta la mayor contribución al rendimiento de grano por su corta distancia a la espiga y por permanecer verde por más tiempo que el resto de las hojas. Los carbohidratos son removilizados desde el pedúnculo de la espiga y la hoja bandera durante el llenado de grano (Zamski y Grunberger, 1995).

Briggs y Aytenfisu (1980) encontraron una asociación entre pedúnculos cortos y alto rendimiento de grano. El pedúnculo, localizado en el primer entrenudo bajo la espiga, tiene una diversidad de funciones críticas en la productividad de los cereales.

El desarrollo del sistema vascular en el pedúnculo es esencial para transportar los fotosintatos para el llenado de grano (Wardlaw, 1990). El alargamiento de la parte expuesta del pedúnculo reduce el riesgo de infecciones foliares en la espiga al aumentar la distancia entre las hojas superiores y la misma (Gebbing, 2003). Bajo estrés de sequía o temperaturas altas, este órgano (y en particular la parte expuesta) mantiene un potencial hídrico significativamente mayor que la hoja bandera (Wardlaw, 2002).

La parte superior del pedúnculo desarrolla un metabolismo autotrófico de carbohidratos como en la hoja cuando está expuesto a alta irradiación, contribuyendo en una alta proporción a la fotosíntesis del tallo (Wardlaw, 1965; Wang *et al.*, 2001; Evans y Rawson, 1970). Wang *et al.* (2001) sugieren que la fotosíntesis en la parte expuesta del pedúnculo y la vaina de la hoja bandera contribuyen con 9-12% del peso de grano en trigo, dependiendo de la variedad.

Kong *et al.* (2010) concluyen que los pedúnculos expuestos poseen ventajas anatómicas, ultraestruc-

turales y fisiológicas sobre la hoja bandera para la fotosíntesis. Estas ventajas son especialmente obvias en las últimas etapas del llenado de grano, debido a una mayor densidad estomatal y una mayor actividad de la enzima fosfoenolpiruvato-carboxilasa (PEPC) tolerante al calor, lo que le da al pedúnculo una habilidad superior para adaptarse a las condiciones ecológicas de la fase final del llenado de grano. Concluyen que los pedúnculos expuestos tienen una fuerte capacidad fotosintética y proporcionan asimilados para el desarrollo de los granos durante la etapa de llenado. Este efecto puede ser el resultado de diferencias en la absorción de energía, ya que el pedúnculo tiene una menor área comparada con las hojas y espigas, y con ello mayor capacidad de convertir y conducir el calor desde su superficie.

El hecho de que pedúnculos más largos eleven la parte superior de la planta sobre el resto del dosel donde hay más movimiento del aire que dentro del dosel, también incluye una mayor relación con la temperatura del aire.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en dos localidades del norte de México, durante el ciclo OI 2012-2013 en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad

**Cuadro 1.** Material genético utilizado en la evaluación de la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes en los ciclos OI 2012-2013 y verano 2013.

Tratamiento	Familias	Cruza	Tratamiento	Familias	Cruza
1	AN-2-2010	AN-123 x ABT	18	AN-65-2010	Eronga x ABT
2	AN-3-2010	AN-123 x ABT	19	AN-80-2010	AN-137 x ABT
3	AN-8-2010	AN-123 x ABT	20	AN-82-2010	AN-137 x ABT
4	AN-12-2010	AN-123 x ABT	21	AN-83-2010	AN-137 x ABT
5	AN-13-2010	AN-123 x ABT	22	AN-90-2010	AN-137 x ABT
6	AN-24-210	AN-123 x ABT	23	AN-101-2010	AN-38 x ABT
7	AN-28-2010	AN-123 x ABT	24	AN-102-2010	AN-38 x ABT
8	AN-31-2010	AN-123 x ABT	25	AN-107-2010	AN-38 x ABT
9	AN-33-2010	AN-123 x ABT	26	AN-123-2010	AN-105 x ABT
10	AN-34-2010	AN-123 x ABT	27	AN-123 ♀	Progenitor
11	AN-39-2010	AN-123 x ABT	28	AN-125 ♀	Progenitor
12	AN-42-2010	AN-125 x ABT	29	AN-137 ♀	Progenitor
13	AN-49-2010	AN-125 x ABT	30	AN-38 ♀	Progenitor
14	AN-50-2010	AN-125 x ABT	31	AN-105 ♀	Progenitor
15	AN-55-2010	AN-125 x ABT	32	Eronga 83 ♀	Progenitor
16	AN-60-2010	AN-125 x ABT	33	ABT ♂	Progenitor
17	AN-61-2010	AN-125 x ABT			

\* Familias F2:7; ♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino.

Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el municipio de Zaragoza, Coah., ubicado geográficamente entre las coordenadas 28° 36' 25" LN y 100° 54' 35" LO del meridiano de Greenwich, con una altitud de 335 msnm, y durante el ciclo OI 2012-2013 y el verano de 2013 en el Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Navidad, municipio de Galeana, N.L., ubicado entre las coordenadas 25° 04' LN y 100° 56' LO, con una altitud de 1895 msnm.

Se evaluaron 33 genotipos de triticale forrajero, los genotipos evaluados fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la UAAAN (Cuadro 1). En las dos localidades, la preparación del terreno para este experimento consistió en las labores normales para acondicionar el suelo para un buen desarrollo de las plantas, esto es, barbecho, rastreo doble y nivelación.

Los experimentos de campo fueron conducidos de la siguiente manera en Zaragoza, donde se evaluaron los genotipos bajo tres diferentes ambientes: 1) Irrigación normal (riegos a la siembra, amacollamiento, inicio de embuche, floración y llenado de grano) con fertilización; 2) Irrigación normal sólo hasta floración, con fertilización; 3) Irrigación normal, con un corte para forraje en la etapa de inicio de encañe y posterior evaluación para grano, con fertilización. En Navidad, se evaluaron los genotipos bajo dos ambientes durante el verano de 2013; 4) riego a la siembra, inicio de encañe y espigamiento, con fertilización, y 5) Riego a la siembra, inicio de encañe y espigamiento, sin fertilización. En el Cuadro 2, se presenta el resumen del manejo agronómico de cada uno de los cinco ambientes de evaluación y su clasificación en base al estrés de humedad aplicado.

Para evaluar las variables de estudio, se colectaron al azar muestras representativas de cinco tallos principales en un surco interno de cada parcela en madurez fisiológica y las partes del entrenudo superior, incluyendo las espigas, pedúnculos y hoja bandera fueron separadas en el laboratorio.

Las variables registradas en estas muestras fueron las siguientes: longitud de pedúnculo (LP), longitud de espiga (LE), peso seco de pedúnculo (PSP), peso seco de espigas (PSE), peso seco de hoja bandera (PSHB).

El rendimiento de grano (RG), se estimó muestreando en la etapa de madurez para cosecha las plantas completas en un área de 0.18 m<sup>2</sup> (0.60 x 0.30) de un surco con competencia completa de cada parcela, se trillaron, registrando el peso en gramos de cada parcela y se transformó a toneladas por hectárea. El área experimental para cada unidad experimental en todos los ambientes constó de seis surcos de 5 m de largo por 30 cm entre hileras (9.0 m<sup>2</sup>).

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento en cada uno de los cinco ambientes. Se realizaron análisis de varianza individuales por ambiente y combinados entre ambientes, para cada una de las variables estudiadas. Se realizaron pruebas de comparación de medias por ambiente y combinado entre ambientes para cada una de las variables estudiadas, utilizando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Steel y Torrie, 1992).

Asimismo, se calculó el coeficiente de variación para cada una de las características estudiadas con el fin de precisar la exactitud de la conducción del experimento. Se realizaron análisis de regresión entre

**Cuadro 2.** Manejo agronómico de cinco ambientes en la evaluación de la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale.

Ambiente	Localidad	Fecha de siembra	Fertilización total	Riegos (No.)	Sistema de riego	Lámina total de riego* [cm]	Clasificación
1	Zaragoza, Coah.	13-12-2012	167-00-00	5	Gravedad	69.2	Sin estrés
2	Zaragoza, Coah.	13-12-2012	167-00-00	4	Gravedad	59.2	Estrés moderado
3	Zaragoza, Coah.	13-11-2012	237-00-00	6	Gravedad	79.2	Sin estrés (rebrote)
4	Navidad, N.L.	05-06-2013	120-00-00	3	Aspersión	27.5	Estrés severo
5	Navidad, N.L.	05-06-2013	00-00-00	3	Aspersión	27.5	Estrés severo

\*Incluyendo precipitación pluvial.

el rendimiento de grano y las características morfológicas antes mencionadas para establecer el grado de asociación entre ellas.

Los análisis de varianza de las variables agronómicas y pruebas de comparación de medias se realizaron con el paquete estadístico SAS 8.1 (1999) y las gráficas fueron realizadas con Microsoft Excel (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza combinado entre ambientes, donde se observa que existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre ambientes, tratamientos y la interacción ambientes x tratamientos.

La prueba de comparación de medias entre los ambientes mostró que los ambientes con menor estrés hídrico reportaron los mayores valores para todas las características (Cuadro 4).

Asimismo, la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado (Cuadro 5) registró diferencias estadísticas altamente significativas entre los genotipos para todas las variables, evidenciando la variabilidad genética entre los mismos.

Los análisis de regresión entre las variables morfológicas y agronómicas estudiadas y el rendimiento de grano mostraron una estrecha relación significativa y positiva con el rendimiento de grano, concordando con lo reportado por Morgan (1984), quien menciona que la identificación de características

**Cuadro 3.** Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado entre ambientes para las variables estudiadas en la evaluación de la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

FV	GL	LP	LE	PSP	PSE	PSHB	RG
Ambientes	1	1784.460**	231.709**	12.769**	1638.187**	13.154**	106.4**
Rep (Amb)	4	29.170**	1.734**	0.075 ns	5.019*	0.044 ns	0.4*
Tratamientos	32	28.902**	4.313**	0.336**	11.342**	0.220**	1.5**
Amb*Trat	32	8.112*	0.716**	0.076**	3.897**	0.051**	0.4**
Error	128	6.068	0.396	0.045	2.380	0.027	0.19
Total	197						
CV		7.1%	5.4%	15.4%	13.3%	12%	22.7%

ns: no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 4.** Variables evaluadas del análisis combinado al estudiar la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

Ambientes	LP	LE	PSP	PSE	PSHB	RG
1	38.3a	12.8 <sup>a</sup>	1.742a	15.493a	1.691 <sup>a</sup>	3.133a
2	37.3b	12.6ab	1.602b	14.319b	1.639 <sup>a</sup>	2.574b
3	36.07c	12.4b	1.559b	13.537c	1.567b	2.366c
4	29.7d	9.9c	1.021c	7.376d	1.017c	0.890d
5	29.5d	9.7c	0.962c	6.902d	0.931d	0.847d

LP: longitud de pedúnculo; LE: longitud de espiga; PSP: peso seco de pedúnculo; PSE: peso seco de espiga; PSHB: peso seco de hoja bandera; RG: rendimiento de grano.

**Cuadro 5.** Análisis combinado entre ambientes, al estudiar la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

Tratamiento	LP	LE	PSP	PSE	PSHB	RG
1	35.25 abcde	10.79 jk	1.23 fgh	9.86 gh	1.23 hijk	1.88 cdefghi
2	36.02 abc	11.26 fghij	1.42 abcdefg	11.76 abcdefgh	1.45 abcdefgh	1.55 fghi
3	32.49 def	11.15 ghijk	1.16 gh	12.12 abcdef	1.29 efghijk	1.90 cdefghi
4	33.77 bcdef	12.27 abcd	1.40 bcdefgh	12.19 abcdef	1.56 abc	1.87 cdefghi
5	33.74 bcdef	12.30 abc	1.46 abcdef	12.01 abcdefg	1.45 abcdefgh	2.09 bcdefg
6	33.36 bcdef	11.52 bcdefghij	1.30 defgh	11.50 abcdefgh	1.42 abcdefghij	2.05 bcdefgh
7	34.72 bcdef	12.17 abcde	1.38 bcdefgh	12.08 abcdef	1.43 abcdefghi	2.17 bcde
8	31.48 f	11.91 abcdefgh	1.29 defgh	11.54 abcdefgh	1.41 abcdefghij	1.89 cdefghi
9	33.82 bcdef	11.99 abcdefgh	1.55 abcde	12.42 abcde	1.41 abcdefghij	1.91 cdefghi
10	34.80 bcdef	12.34 ab	1.44 abcdefg	12.32 abcde	1.47 abcdefg	2.07 bcdefgh
11	34.13 bcdef	11.42 defghij	1.44 abcdefg	11.32 abcdefgh	1.30 defghijk	1.99 bcdefgh
12	33.46 bcdef	11.30 efghij	1.21 fgh	11.24 abcdefgh	1.27 fghijk	2.00 bcdefgh
13	32.99 cdef	11.60 abcdefghij	1.32 defgh	10.68 bcdefgh	1.37 abcdefghij	1.95 bcdefghi
14	34.04 bcdef	11.46 cdefghij	1.32 defgh	10.93 bcdefgh	1.48 abcdef	1.36 i
15	32.75 cdef	11.42 cdefghij	1.10 h	11.54 abcdefgh	1.32 defghijk	1.47 ghi
16	33.23 cdef	10.96 ijk	1.12 h	10.30 efgh	1.28 fghijk	1.55 fghi
17	33.68 bcdef	12.05 abcdef	1.30 defgh	11.83 abcdefgh	1.33 cdefghijk	1.87 cdefghi
18	34.78 bcdef	12.11 abcdef	1.31 defgh	11.43 abcdefgh	1.40 abcdefghij	1.92cdefghi
19	32.35 ef	11.67 abcdefghi	1.19 fgh	9.80 h	1.24 ghijk	1.78cdefghi
20	33.74 bcdef	11.94 abcdefgh	1.25 fgh	11.52 abcdefgh	1.41 abcdefghij	2.21bcd
21	33.98 bcdef	11.46 cdefghij	1.44 abcdefg	11.02 bcdefgh	1.57 ab	1.66defghi
22	34.38 bcdef	10.92 ijk	1.25 efgh	10.15 fgh	1.20 jk	1.44hi
23	35.71 abcde	11.39 efghij	1.38 bcdefgh	10.46 cdefgh	1.35 bcdefghij	1.82cdefghi
24	35.92 abcd	10.29 k	1.42 abcdefg	10.44 defgh	1.28 fghijk	1.91cdefghi
25	34.48 bcdef	12.40 a	1.71 a	12.79 ab	1.60 a	2.21bcd
26	36.75 ab	12.03 abcdefg	1.57 abcd	12.60 abc	1.51 abcde	2.02bcdefgh
27	34.82 bcdef	11.27 fghij	1.65 ab	13.25 a	1.33 defghijk	2.30bc
28	33.83 bcdef	10.85 ijk	1.35 cdefgh	11.12 abcdefgh	1.20 ijk	2.31bc
29	33.71 bcdef	10.82 ijk	1.36 bcdefgh	11.90 abcdefgh	1.11 k	2.16bcdef
30	35.09 bcde	11.11 hijk	1.58 abcd	12.66 ab	1.36 bcdefghij	2.95a
31	32.84 cdef	11.17 ghijk	1.44 abcdefg	11.62 abcdefgh	1.26 fghijk	2.20bcde
32	38.70 a	11.40 defghij	1.62 abc	12.52 abcd	1.19 jk	2.55ab
33	34.63 bcdef	12.13 abcdef	1.34 cdefgh	11.33 abcdefgh	1.53 abcd	1.58efghi

LP: longitud de pedúnculo; LE: longitud de espiga; PSP: peso seco de pedúnculo; PSE: peso seco de espiga; PSHB: peso seco de hoja bandera; RG: rendimiento de grano.

morfológicas y fisiológicas responsables de la tolerancia a sequía debe considerarse en los programas de mejoramiento, ya que el rendimiento de grano y la resistencia a sequía son controlados por loci independientes.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Acevedo (1991), que menciona que la eficiencia de selección puede mejorarse si se pueden identificar atributos morfológicos y/o fisiológicos ligados al rendimiento bajo un ambiente de estrés y emplearse como criterio de selección para complementar el mejoramiento tradicional, como fue el caso para las características morfofisiológicas evaluadas en este estudio, particularmente la longitud del pedúnculo que puede ser fácilmente evaluada en forma visual en el campo.

Los resultados de este estudio también concuerdan con lo reportado por Villegas *et al.* (2007), quienes encontraron que la longitud del pedúnculo, el peso y longitud de la espiga, el peso del pedúnculo y la espiga estuvieron relacionados significativamente con el rendimiento.

El peso del pedúnculo y la espiga fueron las características más relacionadas con el rendimiento en los experimentos combinados y en las localidades de secano, mientras que en las localidades bajo riego la longitud de espiga fue mejor.

En este estudio, los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre el rendimiento y las características evaluadas fueron, respectivamente: LP: 0.68; LE: 0.61; PSE: 0.79; PSP: 0.68, y PSHB: 0.60, todas ellas relacionadas positiva y significativamente con el rendimiento de grano (Cuadros 1-5), respectivamente.

## CONCLUSIONES

Las variables morfológicas y agronómicas estudiadas se correlacionaron positiva y significativamente con el rendimiento, siendo factible la selección indirecta para tolerancia a sequía en triticale, particularmente la longitud del pedúnculo, la cual es una característica de fácil evaluación visual en campo, convirtiendo estas características en herramientas útiles en la selección de genotipos en ambientes de estrés hídrico.

## LITERATURA CITADA

ACEVEDO, E. 1991. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. pp. 273-305. In: Acevedo, E. (Ed): Physiology-Breeding of Winter Cereals for

Stressed Mediterranean Environments. Le Colloque No. 55, INRA, Paris.

ARAUS, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds, and C. Royo. 2002. Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot London* 89: 925-940.

BRIGGS, K.G. and A. Aytenfisu. 1980. Relationship between morphological characters above the flag leaf node and grain yield in spring wheat. *Crop Sci.* 20, 350-354.

EVANS, L.T. and H.M. Rawson. 1970. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of the ear during grain development in wheat. *Australian J. Biol. Sci.* 23(3): 245-254.

GEBBING, T. 2003. The enclosed and exposed part of the peduncle of wheat (*Triticum aestivum*) - spatial separation of fructan storage. *New Phytol.* 159: 245-252.

KAUL, R. 1974. Potential net photosynthesis in flag leaves of severely drought-stressed wheat cultivars and its relationship to grain weight. *Can. J. Plant Sci.* 53, 811-815.

KONG, L., F. Wang, B. Feng, S. Li, J. Si and B. Zhang. 2010. The structural and photosynthetic characteristics of the exposed peduncle of wheat (*Triticum aestivum* L.): an important photosynthate source for grain-filling. *BMC plant biology*.10: 141.

LELLEY, T. 2006. Triticale: A low-input cereal with untapped potential, pp. 395-430. In: Singh, R. J. Jauhar, P.P (eds.). Genetic Resources Chromosome Engineering and Crop Improvement. Vol. 2: Cereals. Boca Raton (FL): CRC Press, Taylor Francis Group, FL.

LOBELL, D.B., M.B. Burke, C. Tebaldi, M.D. Mastrandrea, W.P. Falcon and R.L. Naylor. 2008. Priorizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Nature* 319: 607-610.

MORGAN, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35, 299-319.

RIJSBERMAN, F.R. 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agric. Water Manage.* 80: 5-22.

SAS Institute Inc. 1999. User's Guide. Statistics, Version 8.1. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA.

STEEL R., G.D. y Torrie, J.H. 1992. Bioestadística. Principios y procedimientos. Editorial Graf América, México, 622 pp.

The World Bank. 2007. World Development Report 2008. Agriculture for Development. Washington, D.C. <http://siteresources.Worlbank.org/INTWDR2008/Resources/WDR-00-book.pdf>. 364 pp.

VARUGHESE, G. 1996. Triticales: present status and challenges and tomorrow. Kluwer Academic, Deventer, The Netherlands, pp. 13-20.

VILLEGAS, D., L.F. García del Moral, Y. Rharrabti, V. Martos, and C. Royo. 2007. Morphological traits above flag leaf node as indicators of drought susceptibility index in durum wheat. *J. Agronomy & Crop Science.* 193: 103-116.

- WANG, Z. M., A. L. Wei, and D.M. Zheng. 2001. Photosynthetic characteristics of non-leaf organs of Winter wheat cultivars differing in ear type and their relationship with grain mass per ear. *Photosynthetica*, 39(2): 239-244.
- WARDLAW, I.F. 1965. The velocity and pattern of assimilate translocation in wheat plants during grain development. *Aust. J. Biol. Sci.* 18: 269-281.
- WARDLAW, I.F. 1990. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytol.* 116: 341-381.
- WARDLAW, I.F. 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Ann. Bot. Lon.* 90 (3): 469-476.
- ZAMSKI, E. and Y. Grunberger. 1995. Short-and long-eared high-yielding hexaploid wheat cultivars: which has unexpressed potential for higher yield? *Ann. Bot. Lon.* 75(5): 501-506.

# Propagación *in vitro* de *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt & Rose (Cactaceae), especie con protección especial

*In vitro* propagation of *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt & Rose (Cactaceae), species with special protection

Martha Monzerrath Orozco-Sifuentes<sup>1\*</sup>, Leticia Escobedo-Bocardo<sup>1</sup>, Humberto Reyes-Valdés<sup>1</sup>, Alejandra Torres-Tapia<sup>2</sup>, Ana María-Ochoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitomejoramiento, <sup>2</sup>Centro y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Tel. [844] 411 02 96 al 98. E-mail: monze82@yahoo.com.mx (\*Autor responsable).

## RESUMEN

La familia Cactaceae es una de las más diversas en México, sus peculiares formas y su gran capacidad de adaptación en zonas áridas han sido motivo de fascinación de coleccionistas nacionales y extranjeros. Aunque un gran número de especies se encuentran incluidas en listados de protección especial, la constante presión de colecta con fines de comercio ilegal no ha cesado, dañando seriamente a las poblaciones, y destruyendo completamente su hábitat. *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt. & Rose, considerada una especie muy bella, está catalogada como especie con protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010, a pesar de esto su saqueo y comercialización ilegal es una realidad. Es necesario propagarla eficientemente y asegurar su conservación. Una opción para ello es la micropropagación, la cual permite generar muchas plántulas a partir de un solo ejemplar. El objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal al medio basal Murashige y Skoog para eficientar la propagación *in vitro* de *E. micromeris*. Se aplicaron tres hormonas vegetales: ácido indolacético (AIA), Kinetina (KIN) y ácido giberélico (AG), así como la interacción entre ellas, formando cuatro tratamientos más el testigo. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones. Las vitroplantas se mantuvieron bajo condiciones ambientales controladas durante 30, 60 y 90 d. Al término de cada periodo se evaluaron el número de brotes, diámetro, altura, peso fresco y seco de vitroplantas y porcentaje de rendimiento. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y se realizó comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Los tratamientos basados en KIN aumentaron ( $p < 0.05$ ) el diámetro, altura y peso, pero sólo la interacción KIN-AIA promovió la formación de brotes, por lo que se consideró como el mejor tratamiento.

**Palabras clave:** Cactáceas, *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt. & Rose, micropropagación, hormonas.

## ABSTRACT

The Cactaceae family is considered one of the most diverse of Mexico. Its peculiar shapes and high adaptability in arid areas have been a source of fascination for domestic and foreign collectors. Although a large number of species are included in lists of special protection, the constant pressure of collection for purposes of illegal trade has continued, seriously damaging populations, and completely destroying their habitat. The cactus *Epithelantha micromeris* considered a very beautiful species is listed as a species with special protection according to NOM-059-SEMARNAT-2010, despite this its looting and illegal marketing is a reality, so it is necessary to propagate it efficiently and ensure its conservation. One option for this is the micropropagation technique, which can generate all desired seedlings from a single copy. The objective of this research was to evaluate the addition of plant growth regulators to basal media Murashige & Skoog to make more efficient the *in vitro* propagation. Three plant hormones were applied: indol acetic acid (IAA), kinetin (KIN), gibberellic acid (GA) and the interaction between them forming four treatments. A completely randomized design with six replicates was used. The vitroplants were kept under controlled environmental conditions for 30, 60 and 90 d. After each period the number of shoots, diameter, height, fresh and dry weight and percent yield were evaluated. The data were subjected to analysis of variance and differences between means as determined by a Tukey test ( $p < 0.05$ ). KIN-based treatments had significant effects on diameter, height and weight, but only KIN-IAA interaction promoted shoot formation, regarded as the best treatment.

**Key words:** Cacti, *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt. & Rose, micropropagation, hormones.

Recibido: Mayo 2013 • Aprobado: Julio 2014.

## INTRODUCCIÓN

México alberga la mayor concentración de cactáceas a nivel mundial (Hernández, 1994). Esta familia ocupa el quinto lugar en diversidad con un alto grado de endemismo a nivel genérico (73%) y específico (78%). La mayor parte de las especies se encuentran ampliamente distribuidas en zonas áridas y semiáridas del país, principalmente en el Desierto Chihuahuense (zona comprendida entre Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí).

Las cactáceas han estado presentes en la cultura mexicana desde tiempos prehispánicos, y desde entonces ya formaban parte de la alimentación (ej. el nopal). Han permanecido hasta nuestros días, y sus usos son muy diversos: es muy común observarlas delimitando terrenos o como recurso natural en la fijación del suelo (ej. los órganos), como fuente de sustancias de interés farmacológico (ej. peyote) y cosmético (ej. el nopal), son ampliamente utilizadas en la elaboración de dulces (ej. biznaga), además, forman parte del escudo nacional mexicano, y por su peculiar anatomía se usan como plantas de ornato (*Cephalocereus senilis*, *Epithelantha micromeris* etc.) (Bravo, 1978).

La familia Cactaceae es uno de los grupos más amenazados del reino vegetal. Sus poblaciones han sido gravemente afectadas por factores como el crecimiento de la mancha urbana, la conversión del terreno para uso agrícola y, sobre todo, por el saqueo desmedido de las plantas con fines de comercio ilegal, lo que ha ocasionado que la familia completa se encuentre incluida en la lista de protección especial nacional de la NOM-059-SEMARNAT-2010, con 272 especies incluidas (SEMARNAT, 2010) y en listas internacionales: la UICN, con 65 especies y la CITES con 41 especies sólo en apéndice I (Jiménez, 2011; Alánis, 2008; Arias *et al.*, 2005).

La biznaga *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt. & Rose es considerada una especie muy bella, y según Benítez (2002) se encuentra entre las especies de cactáceas más vendidas por Internet. A esta cactácea se le conoce comúnmente como botón o biznaga blanca chilona, es una planta pequeña globosa que llega a medir hasta 6 cm de diámetro, forma macollos con más de 20 miembros, su tallo está compuesto por filas de pequeños tubérculos que dan origen a areolas, las que están cubiertas de lana blanca y de las cuales emergen espinas blancas y curvadas hacia el tallo. Su flor es rosa pálido con

vetas blancas y sus frutos son cilíndricos color rojo brillante, con semillas negras de aproximadamente 2 mm de largo. Es común del Desierto Chihuahuense, principalmente desde el sur de Texas hasta el Sur de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas (Flores, 2005). Actualmente se encuentra enlistada como especie con protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Su propagación es por medio de semilla; sin embargo es insuficiente para cubrir la demanda, debido a sus bajas tasas de germinación y su lento crecimiento.

La metodología de cultivo *in vitro* ofrece una alternativa eficiente en la propagación de *E. micromeris*, no solo por la velocidad con la que es capaz de generar una planta completa, sino por la cantidad de ejemplares que se pueden obtener en un mismo periodo. Esta técnica consiste en cultivar células, tejidos u órganos (explante) en medios nutritivos adecuados, bajo condiciones de asepsia y en condiciones ambientales controladas, generando así una o varias plantas. El medio basal que generalmente es utilizado es el MS (Murashige y Skoog, 1962), el cual contiene macro y micronutrientes, vitaminas y carbohidratos que promueven el crecimiento de la planta, no obstante la adición de algunos reguladores de crecimiento vegetal pueden ayudar a eficientar el proceso.

El objetivo de esta investigación consistió en evaluar la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal al medio basal Murashige y Skoog para eficientar la propagación *in vitro* de *E. micromeris*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.

### Material vegetal

Se seleccionaron brotes de *E. micromeris*, provenientes de semillas germinadas *in vitro*, de aproximadamente 1 cm de alto con aspecto y tamaño uniforme. Se colocaron cuatro brotes por frasco y se consideró a cada frasco como una repetición.

### Medio de cultivo

Se utilizó como medio basal MS al 100% complementado con mio-inositol (100 mg L<sup>-1</sup>), ácido nicotínico (0.5 mg L<sup>-1</sup>), piridoxina-HCl (0.5 mg L<sup>-1</sup>), tiamina-HCl (0.4 mg L<sup>-1</sup>), glicina (2 mg L<sup>-1</sup>), sacarosa (30 g) y agar (9 g). Al medio basal se añadieron los regulado-

res de crecimiento: ácido indolacético (AIA), Kinetina (KIN) y ácido giberélico (AG).

### Tratamientos

Se evaluaron cinco tratamientos, incluyendo un testigo sin reguladores de crecimiento: T1 = (Testigo); T2 = KIN (1 mg L<sup>-1</sup>); T3 = KIN (1 mg L<sup>-1</sup>) + AIA (1 mg L<sup>-1</sup>); T4 = KIN (1 mg L<sup>-1</sup>) + AIA (0.5 mg L<sup>-1</sup>) + AG (1 mg L<sup>-1</sup>) y T5 = KIN (1 mg L<sup>-1</sup>) + AIA (1 mg L<sup>-1</sup>) + AG (1 mg L<sup>-1</sup>).

### Condiciones de cultivo

El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.7. Las soluciones se vaciaron en frascos de vidrio, 20 mL en cada uno y se esterilizaron a 120 °C durante 15 min. Las vitroplantas se mantuvieron bajo condiciones ambientales controladas de fotoperiodo (16 horas luz) y temperatura (26 °C) durante 30, 60 y 90 d.

### VARIABLES EVALUADAS

El medio de cultivo se renovó cada 30 d, y en cada ocasión se evaluó el diámetro, la altura, y peso fresco y seco de planta, así como el rendimiento en peso. También se registró la forma, número de brotes y formación de raíz.

### Porcentaje de rendimiento

Se determinó por medio de la fórmula  $\% \text{ rend} = 100 \times \frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}}$ , para detectar diferencias en la producción de biomasa a partir de la aplicación de los tratamientos. El peso fresco se obtuvo pesando las vitroplantas en balanza analítica al término de cada periodo, y el peso seco después de someterlas a un proceso de liofilización por 24 h (peso por repetición, cada una consta de cuatro vitroplantas).

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones por tratamiento. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey a una ( $p < 0.05$ ). Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.00.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos con KIN sola y la interacción KIN-AIA provocaron mayor ( $p < 0.05$ ) diámetro de las vitroplantas a los 60 y 90 d, mientras que la interacción KIN-AIA-AG y la KIN sola, aumentaron la altura a los 30, 60 y 90 d. Para el resto de las variables sólo hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) a los 90 d: la KIN y la interacción

KIN-AIA-AG generaron vitroplantas con el mayor peso fresco, mientras que ningún tratamiento superó al testigo en peso seco y porcentaje de rendimiento (Cuadro 1).

### Forma de las vitroplantas

Las vitroplantas de *E. micromeris* presentaron diferencias en la forma, altura, presencia de raíz y número de brotes (Figura 1).

El testigo y los tratamientos con KIN y KIN-AIA conservaron la forma original globosa de *E. micromeris*, mientras que los basados en la interacción KIN-AIA-AG presentaron formas alargadas o cónicas, características observadas por Navarro y Demeneghi (2007) en *Mammillaria pectinifera* al someterla a diferentes concentraciones de Agromil-plus (Cito-cinina-giberelina-auxina), éste ocasionó variación en la altura de las plántulas y cambios en cuanto a la forma, la coloración y número de espinas. En nuestro estudio, el comportamiento fue similar, ya que las vitroplantas obtenidas con los tres reguladores de crecimiento (T4 y T5), también son las de mayor altura, durante los tres periodos de evaluación, presentando cambios en la coloración y sobre todo en la forma, lo que puede indicar que esta combinación de reguladores de crecimiento no es para la propagación *in vitro* de esta especie.

### Formación de brotes

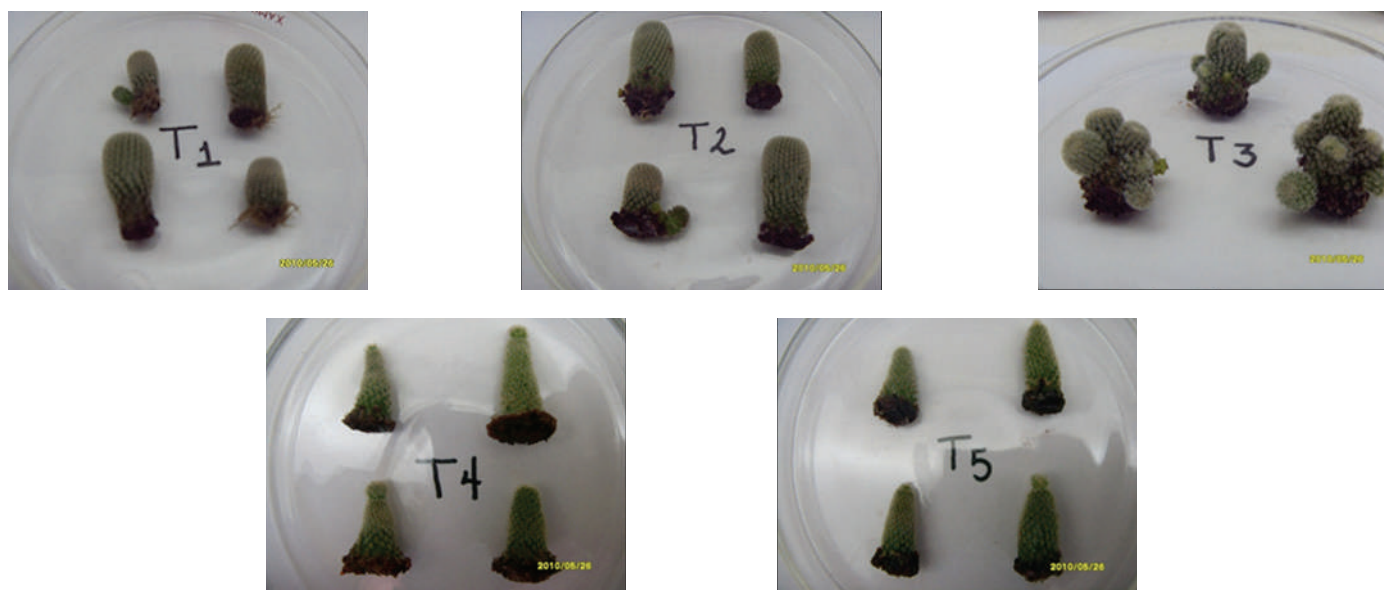
El T3, basado en la combinación de KIN y AIA no sólo formó vitroplantas de buena calidad en cuanto a forma y altura, sino que además fue el único que promovió la formación de brotes con una media máxima de ocho brotes por explante (Figura 1).

Esta respuesta coincide con Johnson y Emino (1979) y Echenique *et al.* (2004) que afirman que la existencia de un balance favorable entre auxinas y citocininas es particular para la inducción de brotes para cada especie. Por su parte, Malda *et al.* (1999) señalan que, en distintas especies de cactáceas, concentraciones altas de citocininas y bajas de auxinas inducen la brotación. Velázquez y Soltero (2001) manejando una concentración alta de 2- isopentiladenina (2iP) (4.0 mg L<sup>-1</sup>) y una baja de ácido naftalenacético (0.2 mg L<sup>-1</sup>) obtuvieron una media de 14 brotes por explante en vitroplantas de *E. micromeris*. Es importante tomar en cuenta que en ambos casos la mejor respuesta se obtuvo con tratamientos combinados, en nuestro caso específico con KIN-AIA, donde se manejó la misma concentración para ambos reguladores.

**Cuadro 1.** Variables evaluadas a los 30, 60 y 90 d en la propagación in vitro de *Epithelantha micromeris* en medio basal Murashige y Skoog, enriquecido con reguladores de crecimiento vegetal a diferentes concentraciones.

Variable	Edad de Vitroplanta (d)	T1	T2	T3	T4	T5
Diámetro (cm)	30	0.75 a	0.76 a	0.78 a	0.78 a	0.70 a
	60	0.80 abc	0.85 ab	0.89 a	0.71 c	0.72 bc
	90	0.86 abc	0.98 a	0.93 ab	0.78 c	0.83 bc
Altura (cm)	30	1.40 b	1.38 b	1.40 b	1.62 a	1.65 a
	60	1.54 c	1.76 abc	1.61 bc	2.03 a	1.89 ab
	90	1.91 ab	2.35 a	1.64 b	2.24 a	2.01 ab
Peso fresco (g)	30	3.02 a	2.62 a	2.35 a	3.31 a	3.23 a
	60	3.54 a	5.34 a	4.22 a	4.11 a	4.00 a
	90	4.17 b	6.54 a	4.11 b	5.03 ab	3.45 b
Peso seco (g)	30	0.11 a	0.13 a	0.10 a	0.12 a	0.11 a
	60	0.18 a	0.24 a	0.20 a	0.20 a	0.18 a
	90	0.41 a	0.46 a	0.40 ab	0.33 bc	0.28 c
Rendimiento (%)	30	3.81 a	4.93 a	4.40 a	3.58 a	3.33 a
	60	5.43 a	4.50 a	4.82 a	4.96 a	4.61 a
	90	9.83 a	7.07 b	9.75 a	6.54 b	8.05 b

Valores con la misma letra entre columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $(p < 0.05)$ . T1= testigo, T2= KIN (1mg L<sup>-1</sup>), T3= KIN 1mg L<sup>-1</sup>+ AIA (1mg L<sup>-1</sup>), T4= KIN (1mg L<sup>-1</sup>) + AIA (0.5mg L<sup>-1</sup>) + AG (1mg L<sup>-1</sup>), T5 = KIN 1mg L<sup>-1</sup>+ AIA (1mg L<sup>-1</sup>)+ AG (1mg L<sup>-1</sup>).



**Figura 1.** Vitroplantas de *E. micromeris* a los 90 d de tratamiento. T1= Sin reguladores, T2= KIN 1 mg L<sup>-1</sup>, T3= KIN 1 mg L<sup>-1</sup> + AIA 1 mg L<sup>-1</sup>, T4= KIN 1 mg L<sup>-1</sup> + AIA 0.5 mg L<sup>-1</sup> + AG 1 mg L<sup>-1</sup>, T5 = KIN 1 mg L<sup>-1</sup> + AIA 1 mg L<sup>-1</sup> + AG 1 mg L<sup>-1</sup>.

El tratamiento con KIN sola permitió obtener vitroplantas de buena forma y altura, y favoreció el crecimiento, pero no promovió la formación de brotes; Mauseth y Halperin (1975) mencionan que cuando el explante contiene areolas y es expuesto a concentraciones apropiadas de citocininas, los meristemas axilares se activan produciendo brotes. Velázquez y Soltero (2001) exponen que las fuentes de citocininas (KIN y 2iP) presentan efectos altamente significativos sobre la producción de brotes en *E. micromeris*, obteniendo una media máxima de 17 brotes por explante utilizando concentraciones de 8 mg L<sup>-1</sup> de KIN, concentración relativamente alta en comparación con la utilizada en el T2 (1 mg L<sup>-1</sup>), lo que podría explicar la ausencia de brotes. Sin embargo, algunos resultados reportados por Flores *et al.* (2011) mencionan una media de 6.4 brotes al utilizar concentraciones de 1 mg L<sup>-1</sup> de KIN en *E. micromeris* cultivada *in vitro*, resultado contrastante con el obtenido; una posible explicación a lo anterior puede estar dirigida a los criterios asumidos a la hora de elegir los explantes, así como a aspectos relacionados con las concentraciones hormonales endógenas.

#### Formación de raíces

El testigo fue el único tratamiento que formó raíces; Clayton *et al.* (1990) y Choreño *et al.* (2002) mencionan que es común la generación de raíces de forma espontánea en cactáceas en medios de cultivo sin reguladores de crecimiento, mientras que, Velázquez y Soltero (2001) reportan que en medios adicionados con AIA, la producción de raíces en *E. micromeris* fue de escasa a nula, y dedujeron que este regulador es inhibitorio para la producción de raíces en esta especie. Ambos resultados coinciden con los encontrados en este trabajo, ya que no hubo formación de raíces en los tratamientos con reguladores de crecimiento (T3, T4 y T5).

#### CONCLUSIÓN

El tratamiento con kinetina y ácido indolacético aumenta el diámetro de las vitroplantas; sin embargo, la kinetina sola aumenta la altura, peso fresco y seco, y mantiene la forma original globosa de *E. micromeris* a los 90 d de tratamiento. El testigo y la kinetina (1mg L<sup>-1</sup>) más ácido indolacético (1mg L<sup>-1</sup>) aumentan el porcentaje de rendimiento. El testigo, la kinetina sola y la kinetina (1mg L<sup>-1</sup>) más ácido indolacético (1mg L<sup>-1</sup>) generan vitroplantas de buena calidad en diámetro, altura y peso, además, este último tratamiento promueve la formación de brotes

en *E. micromeris*, característica de vital importancia en un proceso de micropropagación, y por lo cual se considera como el mejor de los tratamientos probados en este trabajo.

#### LITERATURA CITADA

- ALANÍS-FLORES, G.J. y C.G. Velasco-Macías. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el Noreste de México. Ciencia UANL 11(1): 5-11.
- ARIAS, S., U. Guzmán, M.C. Mandujano, M. Soto G. y J. Golubov. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción I. Cact. Suc. Mex. 50(4): 101-124.
- BENÍTEZ, H. y P. Dávila. 2002. Las cactáceas mexicanas en el contexto de la citas. Conabio. Biodiversitas 40: 8-11.
- BRAVO-HOLLIS, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 743 pp.
- CHOREÑO-TAPIA, J.M., H. González-Rosas, T. Terrazas-Salgado y A. Hernández-Livera. 2002. Propagación *in vitro* de *Cephalocereus senilis* Haworth Pfeiffer a partir de areólas. Rev. Chapingo Ser. Hort. 8(2): 183-196.
- CLAYTON, P.W., J.F. Hubstenberger and G.C. Phillips. 1990. Micropropagation of members of the Cactacea subtribe Cactinae. J. Amer. Soc. Hort. Sci 115(2): 337-343.
- ECHENIQUE, V., C. Rubinstein y L. Mroginski. 2004. Biotecnología y mejoramiento vegetal. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina, 448 pp.
- FLORES, A. 2005. Guía de Cactáceas del Estado de Coahuila. Instituto Coahuilense de Ecología. Gobierno del Estado de Coahuila. 105 pp.
- FLORES, P.M.G. 2011. Micropropagación de *Epithelantha micromeris* Engelman para la Generación de Brotes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México, 62 pp.
- HERNÁNDEZ, H.M. y H. Godínez A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Bot. Mex. 26: 33-52.
- JIMÉNEZ, S.C.L. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Rev. Digital Universitaria 12(1): 3-23.
- JOHNSON, J.L. and E.R. Emino. 1979. Tissue culture propagation in the Cactaceae. Cact. Succ. J. 51: 275-277.
- MALDA, G., R. Backhaus y C. Martin. 1999. Alterations in growth and crassulacean acid metabolism (CAM) activity of *in vitro* cultured cactus. Plant Cell Tiss. Org.58: 1-9.
- MAUSETH, J.D. and W. Halperin. 1975. Hormonal Control of Organogenesis in *Opuntia polyacantha* (Cactaceae). Amer. J. Bot. 62(8): 869-877.
- MURASHIGE, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.

NAVARRO, M.C. y A.P. Demeneghi. 2007. Germinación de semillas y efecto de las hormonas en el crecimiento de *Mammillaria pectinifera*. *Zonas Áridas* 11(1): 233-239.

SEMARNAT, 2010. Norma Oficial Mexicana nom-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclu-

sión o cambio - Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México.

VELÁZQUEZ-ENCISO, L.E. y R. Soltero-Quintana. 2001. Micropropagación de *Epithelantha micromeris* (Eng.). Weber ex Britton et Rose. var. *micromeris*, Cactaceae. *Cact. Suc. Mex.* 46(3): 56-62.

# Detección de *Fusarium verticillioides* en genotipos de maíz y su biocontrol *in vitro* con especies de *Trichoderma*

## Detection of *Fusarium verticillioides* in Maize Genotypes and *in vitro* Biocontrol with *Trichoderma* species

Epifanio Castro-del Ángel<sup>1\*</sup>, Abiel Sánchez-Arizpe<sup>1</sup>, María Elizabeth Galindo-Cepeda<sup>1</sup>,  
Mario Ernesto Vázquez-Badillo<sup>2</sup>

Departamento de Parasitología Agrícola<sup>1</sup>, Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas<sup>2</sup>, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: pifas\_ros@live.com.mx (\*Autor responsable).

### RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la incidencia de *F. verticillioides* en cuatro genotipos de maíz y la evaluación de cepas de *Trichoderma* como biocontrol bajo condiciones de laboratorio, 400 semillas asintomáticas tomadas al azar se desinfectaron por inmersión en solución de hipoclorito de sodio al 1% por 3 min y se sembraron en medio de cultivo verde de malaquita agar, se incubaron a  $28 \pm 2$  °C por dos semanas. Se utilizó un diseño completamente al azar para la distribución del experimento, con cuatro repeticiones para cada genotipo (100 semillas por repetición). Se determinó la incidencia de *F. verticillioides*, mediante el conteo de los granos que habían sido colonizados por el hongo, expresándose en términos de porcentaje, también se evaluaron *Trichoderma longibrachiatum* T1 40, *T. asperellum* T11, *T. harzianum* T1 4 en cultivos duales contra el patógeno, obteniendo los siguientes resultados para cada caso; se detectó la presencia de *F. verticillioides* en los cuatro genotipos de maíz con diferentes niveles de incidencia ( $p < 0.01$ ), el material criollo mostró la incidencia más alta con 86.03%, seguido por H520 79.75%, mestizo 75.5% y UAAAN-ISP-173 con 72.07%. Se obtuvo un 35.69% de inhibición para *T. longibrachiatum* T1 40, mientras que para *T. asperellum* T11, 32.68% y *T. harzianum* T1 4, 32.61%. Los resultados muestran que las tres cepas de *Trichoderma* inhibieron el desarrollo del patógeno haciendo contacto a los dos y tres días, respectivamente.

**Palabras clave:** *Trichoderma* spp., *F. verticillioides*, antagonismo, incidencia.

### ABSTRACT

The present study was designed to determine the incidence of *F. verticillioides* in four maize genotypes and to evaluate strains of *Trichoderma* as biocontrol under laboratory conditions. Asymptomatic maize seeds chosen at random were disinfected by immersion, sowed in green malachite agar culture medium and incubated at  $28 \pm 2$  °C for two weeks. A completely randomized design with four replicates for each genotype (100 seeds per replicate) was used. Incidence of *F. verticillioides* was determined by counting the grains colonized by the fungus, expressed in percentage; also assessed strains of *Trichoderma longibrachiatum* T1 40, *T. asperellum* T11 and *T. harzianum* T1 4 in dual cultures against the pathogen. The following results were obtained: in each case, the presence of *F. verticillioides* was detected in the four maize genotypes with different levels of incidence ( $p < 0.01$ ). Creole material showed the highest incidence (86.03%), followed by H520 (79.75%), mestizo (75.5%) and UAAAN-ISP-173 (72.07%). With the *T. longibrachiatum* T1 40 strain has been a 35.69% of *F. verticillioides* inhibition, while with *T. asperellum* T11 it was 32.68% and *T. harzianum* T1 4 it was 32.61%. The results show that the three *Trichoderma* strains inhibited the development of the pathogen by contacting at the two and three days respectively.

**Key words:** *Trichoderma* spp., *F. verticillioides*, antagonism, incidence.

Recibido: Mayo 2013 • Aprobado: Mayo 2014.

## INTRODUCCIÓN

**F***usarium verticillioides* es el hongo más importante que limita en gran medida la producción de maíz, causando considerables pérdidas económicas, así como cambios en su contenido nutritivo, sabor de los productos y contaminación de los granos con micotoxinas (Damaris *et al.*, 1976).

Diversos autores señalan que el hongo tiene una amplia distribución geográfica y un rango de hospederos importante, ataca cultivos como: sorgo, maíz, higo, espárrago y caña de azúcar, entre otros (Boot, 1971; Gilbertson *et al.*, 1981).

La entrada del patógeno a la mazorca de maíz puede ocurrir a través de heridas causadas por insectos o aves (Attwater *et al.*, 1983; Sutton *et al.*, 1980) o por crecimiento de micelio sobre los vellos del jilote y de esporas que germinan sobre ellos (Hesseltine *et al.*, 1977; Koehler, 1942; Sutton, 1982).

La infección inicia con la formación de micelio blanco, que va descendiendo desde la punta de la mazorca hasta provocar una coloración de rojiza a rosada en los granos infectados (Levin *et al.*, 2003).

Algunas cepas de *F. verticillioides* producen infecciones asintomáticas de la semilla, la cual se transmite a la plántula afectando su emergencia (Yates *et al.*, 1997).

Para el control del patógeno se emplean diferentes técnicas, siendo el control químico una de las más utilizadas, pero tienen desventajas, ya que aumenta significativamente la residualidad de los productos en los granos. El empleo de antagonistas como bacterias y especies de *Trichoderma* podría ser una alternativa para el control biológico de *F. verticillioides*.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la incidencia de *F. verticillioides* en cuatro genotipos de maíz y la evaluación de cepas de *Trichoderma* para su control bajo condiciones de laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coah., México.

### Cepas de antagonistas

Las cepas utilizadas en este trabajo fueron *Trichoderma longibrachiatum* T1 40, *T. asperellum* T11 y *T. harzianum* T1 4, tomadas del cepario del Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología.

### Cepa de *Fusarium verticillioides*

Se aisló de granos de maíz criollo de la cosecha 2012, procedente de Chapopote, Chalma, Ver., México, en medio de cultivo verde de malaquita agar.

### Genotipos de maíz

Se utilizaron dos criollos y dos híbridos, los híbridos H-520 F1 y Mestizo diamante fueron proporcionados por el Grupo Hernández Montiel y Asociados S.P.R de R.L. cosecha 2012; un criollo se adquirió con productores de Chapopote, Chalma, Ver., cosecha 2012, y el otro corresponde al material UAAAN-ISP-173, proporcionado por el Banco Nacional de Germoplasma de Maíces de México, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de la cosecha de 2008, recolectado en Tenampulco, Puebla.

### Determinación de incidencia de *F. verticillioides*

Se desinfectaron 400 semillas por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 3 min. Posteriormente, se lavaron tres veces con agua destilada estéril para remover los residuos del desinfectante y se secaron con corriente de aire en cámara de flujo laminar.

Para la siembra se utilizaron cajas petri de plástico, se sembraron cuatro muestras de maíz en medio de cultivo verde de malaquita agar, en cada caja se colocaron 10 semillas equidistantemente una de otra. Las muestras se incubaron a  $28 \pm 2$  °C durante dos semanas.

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por cada genotipo.

La identificación macroscópica se realizó en un microscopio estereoscópico, se observaron todos los granos que habían sido colonizados por el patógeno.

Para la identificación microscópica, se realizaron montas en portaobjetos y se observó en el microscopio compuesto en aumento de 40X, se siguió la metodología de Warham *et al.* (1996) y Nirenberg y O'Donnell (1998) para la identificación del patógeno.

### Análisis estadístico

La incidencia se ajustó mediante transformación arcoseno y se procesó mediante un análisis de varianza en un diseño completamente al azar, la separación de medias fue por la prueba de Tukey ( $p > 0.01$ ), con el programa de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) versión 2.5.

### Evaluación *in vitro* del efecto antagónico de *Trichoderma* spp. sobre *F. verticillioides*

Para las tres cepas se evaluó el por ciento de inhibición de crecimiento radial y la capacidad antagónica en cultivo dual en medio de cultivo PDA, el experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento y un testigo para el patógeno, se colocó en el extremo de la caja petri un disco de PDA con micelio de *F. verticillioides* de 8 mm de diámetro y en el extremo opuesto un disco de *Trichoderma* spp., las siembras fueron incubadas a  $28 \pm 2$  °C durante 10 d. El crecimiento micelial se midió diariamente.

La capacidad antagónica se determinó a los 10 d empleando la escala de Bell *et al.* (1982), también se calcularon los valores medios de porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) a las 120 h de acuerdo con Corrêa *et al.* (2007), se empleó la fórmula de Samaniego *et al.* (1989), donde  $PICR = R1 - R2 / R1$ , siendo R1 el radio mayor (radio del patógeno testigo) y R2 el radio menor (radio del patógeno en enfrentamiento con el antagonista).

### Análisis estadístico

Las medias de PICR se ajustaron mediante transformación arcoseno y se procesaron por un análisis de varianza, la separación de medias fue por la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05, con el programa de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994) versión 2.5.

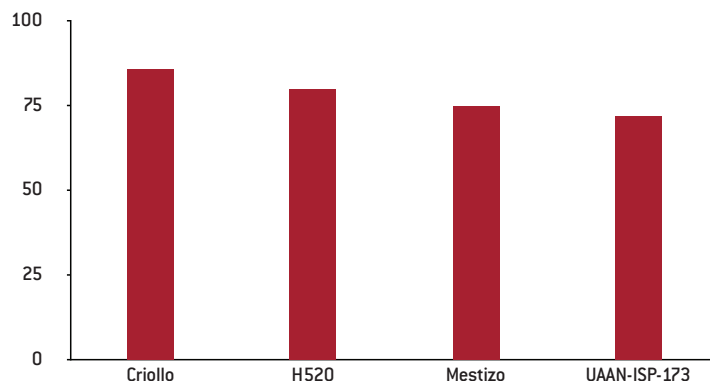
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Detección de *F. verticillioides*

Se detectó la presencia de *F. verticillioides* en los cuatro genotipos de maíz, se observó con frecuencia micelio extenso algodonoso en el medio de cultivo, con algo de tinte rosa, púrpura o amarillo en el medio. Se encontraron microconidios abundantes simples y en cadenas, generalmente hialinos unicelulares, bicelulares, con forma oval y de garrote que estaban generalmente aplanados en cada extremo. Los macroconidios, con paredes delgadas y su forma de curvos en forma de canoa a casi rectos; con 3-7 septos y la célula basal en forma de pie. No hubo formación de clamidosporas en el micelio y las características coincidieron con los diferentes autores (Warham *et al.*, 1996; Nirenberg and O'Donnell, 1998).

### Incidencia de *F. verticillioides*

La incidencia se presentó en los cuatro genotipos: el criollo mostró la más alta (86.03%), seguido por H520 (79.75%), mestizo (75.5%) y UAAAN-ISP-173 la más baja (72.07%).



**Figura 1.** Incidencia de *Fusarium verticillioides* en cuatro genotipos de maíz. Letras iguales son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p > 0.01$ ).

Los resultados obtenidos por Hernández *et al.* (2007) son similares a los encontrados en esta investigación, ellos encontraron una incidencia de 76.9% de *Fusarium* en maíces de campo recolectados en el norte de Tamaulipas; mientras que Bucio *et al.* (2003) encontraron incidencia de *Fusarium* de 30.7% en diferentes municipios del estado de Guanajuato. Kedera *et al.* (1999) reportaron incidencia de *F. verticillioides* de 71 a 72% en tres muestras de maíz en Kenya, niveles de incidencia similares a los encontrados en este trabajo. Gallardo *et al.* (2006) encontraron la presencia de *Fusarium* con 67% de incidencia en el Valle de Mayo, Sonora.

#### Antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre *F. verticillioides* en cultivo dual

La actividad antagonista de *Trichoderma* spp., determinada por el método de cultivo dual fue favorable para el control *in vitro* de *F. verticillioides*. Las tres cepas inhibieron el crecimiento de *F. verticillioides* y lograron detener al patógeno al hacer contacto a los dos y tres días. El antagonismo fue de 32.61 hasta 35.69%, aunque no hubo diferencia ( $p > 0.01$ ) entre cepas, las tres se comportaron de manera similar.

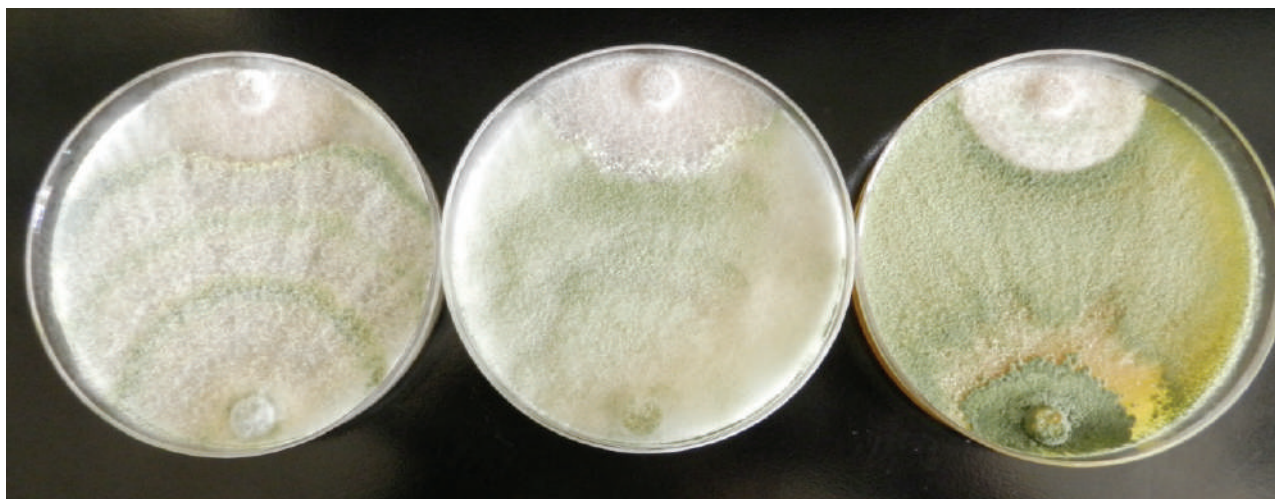
Guigón *et al.* (2010) reportan que en la evaluación de *T. asperellum* y *T. longibrachiatum* contra *Fusarium* sp. el antagonismo no fue significativo en comparación con los demás patógenos, estas cepas no fueron capaces de detener el crecimiento del hongo tal como sucedió en esta investigación, pareciera

ser que las especies de *Fusarium* resisten la invasión de los antagonistas.

La especie *T. longibrachiatum* T1 40 presentó la actividad antagonista más elevada (35.69%) sobre *F. verticillioides* a las 120 h, haciendo contacto a los dos días, por lo que se le asignó una calificación de 1 en la escala de Bell *et al.* (1982). El antagonista *T. asperellum* T11 inhibió el 32.68%, mientras que *T. harzianum* T1 4, el 32.61%, ambos mostraron buen potencial como antagonistas contra el patógeno ensayado y recibieron calificación de 2 en la misma escala, haciendo contacto hasta el día tres. Se logró observar enrollamiento y lisis de micelio, pero las cepas no fueron capaces de colonizar sobre *F. verticillioides*, tal como se muestra en la Figura 2.

Michel (2001) encontró una inhibición de 40.1% de *F. oxysporum* y 35.9% de *F. subglutinans* con cepas de *T. longibrachiatum* en cultivos apareados evaluados a los seis días después de la siembra, los reportes de estos autores concuerdan con lo encontrado en esta evaluación.

Esparza (2009) reporta que de acuerdo con la clasificación de antagonismo, propuesta por Bell *et al.* (1982), ubicó a *T. asperellum* en la clase 1 con 94.20% de inhibición según la media y a *T. longibrachiatum* en la clase 2 con 89.01% contra *Phytophthora parasitica*. También logró observar como principal mecanismo de acción a la competencia por el sustrato y al micoparasitismo; dichos hongos indujeron lisis de micelio y la presencia de antibiosis, mientras que



**Figura 2.** Escala de clasificación de Bell *et al.* (1982), clase 1: *T. longibrachiatum* T1 40 [derecha]; clase 2: *T. Harzianum* T1 4 [izquierda], *T. asperellum* T11 [centro]. Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2013.

en esta investigación se observó lisis y colapso de micelio, pero no se detectó antibiosis en los cultivos duales, siendo un patógeno completamente diferente al ensayado en esta investigación, por lo que no se pueden comportar de forma similar.

## CONCLUSIONES

El hongo *Fusarium verticillioides* se encontró en todos los genotipos analizados con diferentes niveles de incidencia. Las tres especies de *Trichoderma* redujeron la colonización de *F. verticillioides* en cultivo dual haciendo contacto a los dos y a los tres días.

## AGRADECIMIENTOS

Al Grupo Hernández Montiel y Asociados S.P.R de R.L. y al Banco Nacional de Germoplasma de Maíces de México de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por proporcionar los genotipos de maíz.

## LITERATURA CITADA

- ATTWATER, W.A. and L.V. Busch. 1983. Role of the sap beetle *Glischochilus quadrisignatus* in the epidemiology of *Gibberella* corn ear rot. *J. Plant Pathol.* 5: 158-163.
- BELL, D.K., H.D. Well, and C.R. Markham. 1982. "In vitro" antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathol.* 72: 379-382.
- BOOT, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. 237 pp.
- BUCIO V., C.M., J.O.A. Martínez y G.R.H. Morales. 2003. Contaminación con hongos en maíz recién cosechado en el estado de Guanajuato durante el año 2003, pp. 425-431, en: VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, Gto., México.
- CORRÊA, M. M. S., Z. Ávila, B.L. Minaré, R.R. Pádua y D. Gomes. 2007. Cepas de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* SACC. *Fitosanidad* 11(1): 3-9.
- DAMARYS M., C. Medina y Z. Zenteno. 1976. Morfología de mazorcas de maíz. México. II boletín de la Sociedad de Microbiología 10: 71-72.
- ESPARZA L., L.L. 2009. Efectividad *in vitro* de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en aislados de *Phytophthora parasitica* D. obtenidos en plantas de jamaica. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. Mex., México. 69 pp.
- EZZIYANI, M., S.C. Pérez, S.A. Ahmed, M.E. Requena y M.E. Candela. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Anal. Biol.* 26: 35-45.
- GALLARDO R., E.D., M.G.M. Ibarra, M.R.I. Sánchez, C.G. Cuamea, G.D. Molina, V.N.V. Parra, B.E.C. Rosas y R.M.O. Cortez. 2006. Micobiota de maíz (*Zea mays* L.) recién cosechado y producción de fumonisina B1 por cepas de *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. *Rev. Mex. Fitopatol.* 24(1): 27-34.
- GILBERTSON, R.L., J.P. Damicone and W.J. Manning. 1981. *Fusarium* crown rot of asparagus: sources of inoculums. *Phytopathology* 71: 212.
- GUIGÓN, L.C., P.V. Guerrero, A. F. Vargas, M.E. Carvajal, Q.G.D. Ávila, L.L. Bravo, M.L.S. Ruocco, S. Woo y M. Lorito. 2010. Identificación molecular de cepas nativas de *Trichoderma* spp. su tasa de crecimiento *in vitro* y antagonismo contra hongos fitopatógenos. *Rev. Mex. Fitopatol.* 28(2): 87-96.
- HERNÁNDEZ, D.S., L.M.A. Reyes, O.J.G. García, P.N. Ma-yeck y M.C.A. Reyes. 2007. Incidencia de hongos potencialmente tóxicos en maíz (*Zea mays* L.) almacenado y cultivado en el norte de Tamaulipas, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 25(2): 127-133.
- HESSELTINE, C.W. and R.J. Bothast. 1977. Mold development in ears of corn from tasseling to harvest. *Mycologia* 69(2): 328-340.
- KEDERA, C.J., R.D. Plattner and A.E. Desjardins. 1999. Incidence of *Fusarium* spp. and levels of fumonisin b1 in maize in western Kenya. *Appl. Environ. Microbiol.* 65(1): 41-44.
- KOEHLER, B. 1942. Natural mode of entrance of fungi into corn ears and some symptoms that indicate infection. *J. Agric. Res.* 64(8): 421-442.
- LEVIN, L., A. Ridao y F. Castaño. 2003. Fusariosis de la espiga en el maíz. INTA: 20ª Jornada de actualización profesional en cultivos de verano. Mar del Plata, 19 de septiembre de 2003. 165 p.
- MICHEL A., A.C. 2001. Cepas nativas de *Trichoderma* spp. (Euscomycetes: Hipocreales), su antibiosis y micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinanas* y *F. oxysporum* (Hyphomycetes: Hiphales). Tesis de Doctorado. Universidad de Colima, Col., México.
- NIRENBERG, H.I. and K. O'Donnell, 1998. New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia* 90(3): 434-458.
- OLIVARES, S.E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L., México.
- SAMANIEGO, G., S. Ulloa y S. Herrera. Hongos del suelo antagonistas de *Phymatotrichum omnivorum*. *Rev. Mex. Fitopatol.* 1989. 8: 86-95.
- SUTTON, J.C., W. Baliko and H.J. Liu. 1980. Fungal colonization and zearalenone accumulation in maize ears injured by birds. *Canadian J. Plant Sci.* 60(2): 453-461.
- SUTTON, J.C. 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canadian J. Plant Pathol.* 4(2): 195-209.

WARHAM, E.J., L.D. Butler y B.C. Sutton. 1996. Ensayos para la semilla de maíz y de trigo. Manual de laboratorio. CIMMYT. México, D. F. 84 pp.

YATES, I.E., C.W. Bacon and D.M. Hinton. 1997. Effects of endophytic infection by *Fusarium verticillioides* on corn growth and cellular morphology. Plant Disease 81(7): 723-728.

# Degradación y absorción de fuentes proteicas en la cinética ruminal de los ovinos

## Degradation and Absorption of Protein Sources in the Ovine Ruminal Kinetics

Bulmaro Méndez-Argüello<sup>1\*</sup>, Fernando Ruiz-Zárate<sup>2</sup>, Alberto Guerrero-Rodríguez<sup>2</sup>,  
Ramiro López-Trujillo<sup>1</sup>, Roberto García-Elizondo<sup>2</sup>, Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Nutrición y Alimentos, <sup>2</sup>Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: mendez\_arguello@hotmail.com (\*Autor responsable).

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue hacer una revisión de los resultados de investigación sobre el uso de suplementos alimenticios en el consumo de nutrientes en ovinos. El metabolismo de las proteínas (catabolismo y anabolismo) se efectúa de modo simultáneo en los tejidos animales. El metabolismo por el tracto gastrointestinal representa el destino metabólico más grande de aminoácidos, glucosa y otros sustratos de energía en el cuerpo del ovino. Las proteínas deben digerirse en el intestino delgado antes de ser absorbidas, su digestión se inicia en el abomaso con la digestión ácido-péptica y se completa en el intestino delgado con las enzimas pancreáticas e intestinales. La cantidad de proteína degradada en el rumen depende en gran medida de la actividad proteolítica de las bacterias ruminales, el acceso de éstas a la proteína, la resistencia y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen. La proteína microbiana formada en el rumen pasa hacia el intestino, representando el 70-90% de N no amoniacal que ingresa al intestino. En el contexto de la suplementación los subproductos animales y harinas vegetales han incidido positivamente sobre los parámetros productivos, en el consumo y la digestibilidad de los forrajes de baja calidad y su contribución al aporte total de proteína hacia el duodeno es importante. Se ha reportado que existen variaciones en la degradabilidad ruminal y digestión intestinal de las fuentes proteicas. Se concluye que los ovinos responden adecuadamente cuando son suplementados con distintas fuentes de proteína y la respuesta está muy ligada al incremento del consumo de nutrientes, lo que está directamente vinculado con la cantidad de forraje disponible, la digestibilidad del forraje consumido y el tipo de suplemento empleado.

**Palabras clave:** Ovinos, proteína, metabolismo, degradación, absorción, suplementación.

### ABSTRACT

The aim of this study was to review the results of research about the use of nutritional supplements in nutrient intake in sheep. The metabolism of proteins (catabolism and anabolism) is performed simultaneously in animal tissues. The metabolism by the gastrointestinal tract represents the greatest metabolic fate of amino acids, glucose and other energy substrates in the body of sheep. Proteins are digested in the small intestine before being absorbed; digestion begins in the abomasum with acid-peptic digestion and it is completed in the small intestine with pancreatic and intestinal enzymes. The amount of protein degraded in the rumen depends largely on the proteolytic activity of rumen bacteria, their access to protein, endurance and retention time of food particles in the rumen. Microbial protein in the rumen formed passes into the intestine, representing 70-90% of N not ammonia entering the intestine. In the context of supplementing the animal and vegetable meals have had a positive impact on productive parameters, consumption and digestibility of low quality forages and their contribution to total protein into the duodenum is important. It has been reported that there are variations in rumen degradability and intestinal digestion of protein sources. We conclude that sheep respond well when supplemented with different protein sources and the response is closely linked to increased consumption of nutrients, which is directly linked to the amount of forage available, the digestibility of forage consumed and the type of supplement employed.

**Key words:** Sheep, protein, metabolism, degradation, absorption, supplementation.

## INTRODUCCIÓN

La estrategia alimentaria de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. Mientras el rumiante aporta alimentos y las condiciones adecuadas del medio (temperatura, acidez, anaerobiosis y ambiente reductor), las bacterias utilizan los alimentos, parcialmente, y aportan productos de la fermentación con valor nutritivo, permitiendo que el forraje sea útil para el rumiante (ácidos grasos volátiles) y la proteína microbiana (Purser, 1970; Calsamiglia y Ferret, 2002).

El metabolismo por el tracto gastrointestinal representa el destino metabólico más grande de aminoácidos, glucosa y otros sustratos de energía en el cuerpo del animal (Samer *et al.*, 2006). Así, las proteínas deben digerirse en el intestino delgado antes de ser absorbidas, su digestión se inicia en el abomaso con la digestión ácido-péptica y se completa en el intestino delgado con las enzimas pancreáticas e intestinales (Tamminga, 1979; Calsamiglia *et al.*, 1994).

En el rumen, la proteína es degradada a cetoácidos y amoníaco, siendo este último la principal fuente de N para la síntesis microbiana. La intensidad de este proceso degradativo es variable y depende de la magnitud de la fracción potencialmente degradable y de su tiempo de retención en el rumen (Guada, 1993; Ferrell *et al.*, 2001).

Es importante reconocer que cuando la relación simbiótica se altera como consecuencia de cambios en la dieta (relación proteína-energía) o por la presencia de sustancias no deseadas, se produce un desequilibrio en la población microbiana ruminal que conduce a la aparición de alteraciones patológicas, entre las que la acidosis y el meteorismo son las más importantes (Calsamiglia y Ferret, 2002). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue revisar información actualizada sobre la degradación y absorción de fuentes proteicas en ovinos con la finalidad de establecer mejores estrategias alimentarias.

### Las proteínas y su importancia en nutrición de ovinos

Durante los últimos años se ha incrementado la engorda de ovinos con alimentos concentrados integrales (González *et al.*, 2003; Mendoza *et al.*, 2007) porque los pastos presentan bajo contenido tanto en energía metabolizable, como en proteína digestible, lo cual varía según la época del año, lo que resulta in-

suficiente para sostener buenos incrementos de peso de los animales, siendo necesaria la suplementación proteica o energética (Camacho *et al.*, 2005).

La degradabilidad ruminal de la proteína de los alimentos es un factor importante que afecta al aporte de aminoácidos al intestino delgado; sin embargo, la velocidad y la cantidad total de proteína degradada en el rumen pueden condicionar la cantidad de proteína bacteriana sintetizada en el rumen y determinar la cantidad total de proteína alimenticia no degradada, que llega al duodeno. Por otro lado, la cantidad de proteína degradada en el rumen depende, en gran medida, de la actividad proteolítica de las bacterias ruminales, el acceso de las bacterias a la proteína y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen (Stern *et al.*, 1994).

### Metabolismo de la proteína en el rumen

El metabolismo de las proteínas se considera en dos fases: catabolismo y anabolismo, ambos procesos se efectúan de modo simultáneo en los tejidos animales (Church *et al.*, 2007). El metabolismo de las proteínas posee características diferentes en los rumiantes en relación con los no rumiantes. La degradación intestinal en ambos es similar. Las proteínas y los péptidos son degradados hasta oligopéptidos por la acción de las enzimas proteolíticas pancreáticas (tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa), luego los oligopéptidos son degradados por las oligopeptidasas de la membrana apical de los enterocitos, liberando aminoácidos di y tripéptidos que finalmente son absorbidos. Sin embargo, a diferencia de los no rumiantes, la proteína que llega al intestino del rumiante es diferente de la ingerida con la dieta, debido a que los microorganismos ruminales degradan más de la mitad de las proteínas consumidas y lo hacen mediante proteasas que desdoblán las proteínas en péptidos y algunos aminoácidos libres, los que son absorbidos por el microorganismo (Relling y Mattioli, 2002).

Una vez incorporados al microorganismo, los péptidos son hidrolizados hasta aminoácidos, mismos que pueden ser empleados para sintetizar proteína microbiana, o bien, como ocurre con la mayor parte de ellos, pueden utilizarse como fuente energética (Tamminga, 1979; Relling y Mattioli, 2002).

### Población microbiana con actividad proteolítica

Los procesos de digestión y utilización de los recursos alimenticios por el rumiante están estrechamente relacionados con la presencia y actividad de los mi-

croorganismos del rumen (Wallace, 1994). La proporción de proteína degradada depende sobre todo de su resistencia a la degradación y del tiempo que permanece en el rumen, aunque puede variar según la actividad proteolítica de la población microbiana. Los protozoos ciliados y algunos hongos anaeróbicos ruminales también participan en la actividad proteolítica, peptidolítica y de desaminación. La población microbiana ruminal tiene una amplia variedad de proteasas o enzimas proteolíticas (Relling y Mattioli, 2002).

Sin duda, las bacterias ruminales son el principal grupo microbiano implicado en el metabolismo proteico (Ramos *et al.*, 2009). Entre 30 y 50% de las bacterias aisladas del líquido ruminal tienen actividad proteolítica (Wallace y Cotta, 1988 citado por Castillejos, 2005). Las especies bacterianas más conocidas por su actividad proteolítica son: *Bacteroides amylophilus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides* o *Prevotella ruminicola* y *Streptococcus bovis*. Las especies que producen una cantidad importante de amoníaco por desaminación de aminoácidos son las siguientes: *Bacteroides ruminicola*, *Selenomonas ruminantium* y *Megaspheera elsdenii* (Russell y Hespell, 1981).

### Microorganismos como fuente de proteínas para el rumiante

Las bacterias pasan al intestino donde son digeridas, pues representan una importante fuente de proteínas para el rumiante (Oosting, 1995; NRC, 2000). Las bacterias poseen entre 30 y 50% de proteína verdadera, de 70 a 75% de digestibilidad y un valor biológico (indicador de calidad) muy aceptable (70%), y aportan los 10 aminoácidos considerados esenciales para los tejidos de mamíferos. Por otra parte, los protozoos representan alrededor de 10% de la biomasa microbiana del rumen y aportan un porcentaje aún menor de la proteína microbiana que llega al intestino (Purser, 1970; Relling y Mattioli, 2002).

### Digestibilidad de la proteína en ovinos

Los protozoos, bacterias y hongos existentes en el rumen-retículo son responsables de la digestión de la mayoría de los nutrientes, principalmente de los carbohidratos complejos de la pared celular de los vegetales. El tipo de dieta, el nivel energético y nitrogenado de la ración influyen en la concentración y composición de la fauna ruminal a través de la acción directa o indirecta sobre el pH y la tasa de pasaje del contenido ruminal. El N puede ser de origen alimenticio del N no proteico (NNP) externo o del N

de reciclaje endógeno. La proteína microbiana (PM) formada en el rumen pasa hacia el intestino, representando 70-90% de N no amoniacal que penetra al intestino (Van Soest, 1982; Ben *et al.*, 1974).

### Etapas críticas para suplementar proteína en rumiantes

La producción ganadera en los pastizales nativos e introducidos depende de la calidad y cantidad del forraje disponible. La mayoría de las zonas áridas y semiáridas presentan periodos definidos de sequía y épocas invernales, durante los cuales la calidad y cantidad del forraje disponible disminuyen, especialmente el contenido de proteína cruda y la digestibilidad (Ferrell *et al.*, 1999; Martínez, 2009). Como consecuencia, se reduce el consumo de forraje, reflejándose en pérdidas de peso que disminuyen la producción (Villalobos *et al.*, 2000), por lo que la suplementación debe considerarse como el suministro de nutrientes que por diversas razones pueden llegar a ser deficientes o inadecuados en la dieta básica para el nivel o tipo de producción deseada (Moore *et al.*, 1999; Hinton, 2007).

En invierno, es menester suministrar a los rumiantes suplementos tanto de proteína y energía, o ambas, para mantener los niveles deseados de producción. La suplementación de proteína incrementa la ganancia de peso, la condición corporal, el consumo y la digestibilidad de los forrajes; sin embargo, esta práctica generalmente implica altos costos (Ludden *et al.*, 2002).

La suplementación con proteínas tiene dos posibles efectos sobre el ecosistema ruminal; por un lado, satisface los requerimientos de los microorganismos del rumen en N, aminoácidos y cadenas carbonadas, determinando una eficiente fermentación del sustrato para la producción de energía y proteína microbiana, y por el otro, puede satisfacer los requerimientos de proteína al hospedero, bien sea por un aumento de la cantidad de proteína microbiana producida o por la que escapa a la degradación en el rumen (Mejía y Mejía, 2007). El volumen del suplemento depende de su concentración de nutrientes, la categoría y la tasa de ganancia esperada (Marshall, 2000).

Cuando la alimentación se efectúa sobre la base de pastos o forrajes de mediana a baja calidad, generalmente el nutrimento limitante es la disponibilidad de proteína digestible, seguida de la energía digestible. La inclusión de suplemento proteico energético en la ración de animales estabulados incrementa la población de bacterias celulolíticas ruminales, lo

cual puede propiciar mayor digestibilidad de la materia seca (Galindo *et al.*, 1993, Hess *et al.*, 2008). Cabrera *et al.* (2007) señalan que la suplementación con alimento concentrado proteico promueve un mejor comportamiento productivo en ovinos para engorda al lograr ganancias de peso aceptables económicamente.

Villalobos *et al.* (2000) señalan que los principales nutrientes deficientes en el norte de México durante la época de sequía o latencia son proteína, energía, fósforo y vitamina A, y los periodos de suplementación varían debido a las condiciones climáticas de cada año, pero en general inician en enero para terminar en mayo o junio.

Clark *et al.* (1992) mencionan que la deficiencia de cualquier nutrimento puede disminuir la síntesis de proteína microbiana en el rumen, el pasaje de aminoácidos al intestino delgado y la producción de leche o ganancia de peso, y que los dos factores nutricionales más limitantes son la energía y la proteína. El valor de una fuente proteica suplementaria en las dietas de rumiantes radica en su aporte de N degradable a nivel ruminal para la síntesis de proteína microbiana y en su aporte de aminoácidos disponibles en el intestino que potencialmente limitan el crecimiento (Ludden y Cecava, 1995).

Howie *et al.* (1996) sugieren que se debe administrar proteína adicional a la proteína microbiana para el animal en producción en forma de proteína de escape ruminal. Sin embargo, los efectos de la alimentación con proteína de baja degradabilidad ruminal sobre el aporte intestinal y comportamiento animal han sido inconsistentes. A menudo, la falta de respuesta se ha atribuido a una inadecuada protección de la proteína, reducida digestión intestinal o a la limitación inherente de aminoácidos de la proteína dietaria (Clark *et al.*, 1992; Howie *et al.*, 1996).

### Principales fuentes proteicas en nutrición ovina

**Urea.** Se ha demostrado la factibilidad de utilizar los suplementos de liberación lenta de N para mejorar la fermentación ruminal en varias especies, particularmente en ovinos, documentando una mayor flora microbiana. De manera paralela ha sido discutida la importancia de la degradación del N por los microorganismos fibrolíticos para la utilización de la urea (Zapata *et al.*, 2004; Martínez, 2009).

La urea tiene una ventaja económica, pero presenta inconvenientes conocidos derivados de su uti-

lización inadecuada o excesiva. Desde el punto de vista nutricional, el principal inconveniente es la rápida velocidad de degradación ruminal (Pedraza y Pacheco, 2000; Zapata *et al.*, 2004).

**Excretas de aves.** Además de la suplementación con concentrado, que es costosa, hay otras alternativas para mejorar la alimentación de los ovinos, utilizándose diversas materias, tanto como complemento a las dietas utilizadas o como dieta principal. Entre ellas, se pueden mencionar los residuos de cosecha, los residuos agroindustriales, las excretas de aves y cerdos (Yzaguirre y Combellas, 2002; Nouel *et al.*, 2011).

La industria avícola genera gran cantidad de excretas en las camas; éstas se han usado como alimentos en raciones para ovinos como fuente de N (19-32% nitrógeno proteico y no proteico de 48.9-54.6% de proteína bruta total) y minerales (Yzaguirre y Combellas, 2002; Ríos *et al.*, 2005; Nouel *et al.*, 2011).

Los altos niveles de proteína y minerales esenciales en la nutrición animal junto con sus bajos costos hacen de las excretas de aves (EA) un recurso alimenticio atractivo para ser empleado en los sistemas de producción con rumiantes (Ríos *et al.*, 2005). Sin embargo, su riqueza energética es todavía baja, ya que depende del tipo de material fibroso que se haya utilizado como cama, así como de su contenido en celulosa, hemicelulosa y lignina, por lo que se sugiere mezclarlo con otra fuente energética para lograr una mejor sincronización ruminal y aprovechar la capacidad fermentativa de la microbiota del complejo rumen. Garantizando de esta forma, la energía necesaria a los microorganismos para utilizar el amoníaco generado por la alta degradabilidad del NNP de la pollinaza (Calderón y Elías, 2006).

A pesar de las bondades mencionadas, la presencia de niveles tóxicos de algunos minerales, así como de cuerpos extraños junto a los posibles riesgos sanitarios y de la salud pública, comprometen su efectividad sobre la respuesta animal y pueden hacer de las EA un recurso potencialmente riesgoso, si se usa de manera inadecuada e irracional sin corregir estas limitaciones (Ríos *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2010). En ovinos es posible la inclusión de EA hasta niveles de 50-60% sin afectar el consumo de la dieta, incluso cuando se combinan con recursos económicos como melaza (Ríos *et al.*, 2005; Calderón y Elías, 2006; Martínez *et al.*, 2010).

## Fuentes de proteína de origen animal y vegetal

Subproductos animales como la harina de sangre, harina de carne y hueso, y harina de plumas hidrolizada son altas en su contenido de proteína cruda y en proteína indegradada ruminalmente y su contribución al aporte total de proteína en el duodeno puede ser importante (NRC, 2001). La información sobre la disponibilidad intestinal de estas fuentes proteicas es limitada. Sin embargo, se ha reportado previamente que existen variaciones en la degradabilidad ruminal y digestión intestinal de los subproductos animales (Calsamiglia *et al.*, 1994; Calsamiglia y Stern, 1995). Debido al secado al que estos subproductos son sometidos, su digestibilidad intestinal es un factor crítico en la evaluación de su calidad. La calidad de los suplementos proteicos de baja degradabilidad ruminal puede definirse en términos de la degradabilidad ruminal, la digestibilidad intestinal y su perfil de aminoácidos (Calsamiglia *et al.*, 1994).

Delgadillo (2001) señala que el empleo de harinas de origen animal (pescado, carne, pluma, pollo, etc.) y vegetal (torta de algodón, harinolina, polvillo de arroz, maíz, soya, plátano), además del follaje de algunas leguminosas arbóreas (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Brosimum alicastrum*, *Guazuma ulmifolia*) han incidido positivamente sobre los parámetros productivos en el consumo y la digestibilidad de elementos forrajeros de baja calidad.

Yzaguirre y Combellas (2002) mencionan que existen otras alternativas para mejorar la alimentación de los ovinos, utilizándose diversas materias, tanto como complemento a las dietas utilizadas o como dieta principal. Entre ellas se pueden mencionar los residuos de cosecha, los residuos agroindustriales y las excretas de cerdos.

## CONCLUSIÓN

La degradabilidad ruminal de la proteína es importante porque afecta al aporte de aminoácidos que llega al intestino delgado y depende en gran medida de la actividad proteolítica de las bacterias ruminales, el acceso de éstas a la proteína y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen. La suplementación con proteínas tiene dos posibles efectos sobre el ecosistema ruminal de los ovinos; por un lado, satisface los requerimientos de los microorganismos del rumen en nitrógeno, aminoácidos y cadenas carbonadas, determinando una eficiente fermentación del sustrato para la producción de energía y proteína microbiana; y por el otro, puede satisfacer los requerimientos de proteína al hospedero.

## LITERATURA CITADA

- BEN, G.G., H. Tagari, A. Bondi and A. Tadmor. 1974. Protein digestion in the intestine of sheep. *British J. Nutr.* 31: 125-142.
- CABRERA, N.A., M.P. Rojas, R.I. Daniel, S.A. Serrano y O.M. López. 2007. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *Rev. Científica UDO Agrícola.* 7(1): 245-251.
- CALDERÓN, A.J. e I.A. Elías. 2006. Contribución a la suplementación ovina con pollinaza fermentada (vitafert) y cuatro niveles de melaza. *Rev. Electr. Vet.* 7(10): 1-7.
- CALSAMIGLIA, S. and M.D. Stern. 1995. A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Anim. Sci.* 73: 1459-1465.
- CALSAMIGLIA, S. y A. Ferret. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. XVIII curso de especialización FEDNA. Barcelona, 4 y 5 de noviembre, p. 19.
- CALSAMIGLIA, S., M.D. Sterne e I.K. Yoon. 1994. Predicción del valor de los alimentos como fuentes de proteína absorbible en el intestino de rumiantes. X curso de especialización FEDNA. Madrid, 10 y 11 de noviembre, p. 10.
- CAMACHO, R.J., S.J. Ortiz y T.O. García. 2005. Engorda de ovinos en sistema semiestabulado. Manual del participante. Fondo de tierras e instalación del joven emprendedor rural. Colegio de Postgraduados. México, Puebla, S.L.P., Tabasco, Veracruz. México, p. 18.
- CASTILLEJOS, V.L. 2005. Modificación de la fermentación microbiana ruminal mediante compuestos de aceites esenciales. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, España, p. 178.
- CHURCH, D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. México, D.F., pp. 324 y 325.
- CHURCH, D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2007. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda edición. Ed. Limusa Wiley. México, pp. 138-139.
- CLARK, J.H., T.H. Klusmeyer and M.R. Cameron. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75: 2304.
- DELGADILLO, P.C. 2001. Efecto de la complementación alimenticia de gramíneas tropicales con un alimento complejo catalítico sobre las variables de fermentación ruminal en bovinos y ovinos. Tesis de doctorado. Universidad de Colima. Col. Colima, México, p. 130.
- FERRELL, C.L., H.C. Freetly, A.L. Goetsch and K.K. Kreikemeier. 2001. The effect of dietary nitrogen and protein on feed intake, nutrient digestibility, and nitro-

- gen flux across the portal-drained viscera and liver of sheep consuming high-concentrate diets ad libitum. *J. Anim. Sci.* 79: 1322-1328.
- FERRELL, C.L., K.K. Kreikemeier and H.C. Freetly. 1999. The effect of supplemental energy, nitrogen, and protein on feed intake, digestibility, and nitrogen flux across the gut and liver in sheep fed low quality forage. *J. Anim.* 77: 3353-3364.
- GALINDO, J.S., R. Fundora, O.E. Regalado, R. Piedra, D. Delgado y M. Pérez. 1993. Efecto de la suplementación en la población microbiana ruminal de toros que consumen residuos de centros de limpieza de caña. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 27: 171.
- GONZÁLEZ, R.A., M.M. Higuera, A.H. Hernández, B.P. Estrada, O.E. Gutiérrez, N.J. Colín y R.E. Cienfuegos. 2003. Eficiencia productiva y punto de equilibrio para el costo del kilogramo de cordero al destete en ovinos de pelo en el Noreste de México. *Rev. Livestock Research Rural Development.* 15(12): 1-9.
- GUADA, J.A. 1993. Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos Facultad de Veterinaria de Zaragoza. IX curso de especialización FEDNA. Barcelona, 8 y 9 de noviembre.
- HESS, B.W., G.E. Moss and D.C. Rule. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 86: 188-204.
- HINTON, G.D. 2007. Supplementary feeding of sheep and beef cattle. Second edition. Landlinks Press. Australia, p. 102.
- HOWIE, S.A., S. Calsamiglia and M.D. Stern. 1996. Variation in ruminal degradation and intestinal digestion of animal by product proteins. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63: 1-7.
- LUDDEN, P.A. and M.J. Cecava. 1995. Supplemental protein sources for steers fed corn-based diets: I. Ruminal characteristics and intestinal amino acid flows. *J. Anim. Sci.* 73: 1466.
- LUDDEN, P.A., T.L. Wechter and B.W. Hess. 2002. Effects of oscillating dietary protein on ruminal fermentation and site and extent of nutrient digestion in sheep. *J. Anim. Sci.* 80: 3336-3346.
- MARSHALL, S.W. 2000. Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza. Tesis de doctorado. Universidad de Camagüey, Cuba, p. 125.
- MARTÍNEZ, G.S., J.O. Aguirre, A.D. Gómez, F.M. Ruiz, F.C. Lemus, C.H. Macías, F.L. Moreno, M.S. Salgado y L.M. Ramírez. 2010. Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *Rev. Fuente.* 2(5): 41-51.
- MARTÍNEZ, M.A. 2009. Urea de lenta degradación ruminal como sustituto de proteína vegetal en dietas para rumiantes. *Rev. Electr. Vet.* 10(12): 1-14.
- MEJÍA, H.J. y H.I. Mejía. 2007. Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo. *Rev. Acta Univers.* 17: 2. 45-54.
- MENDOZA, M.G., P.F. Plata, M.M. Ramírez, D.M. Mejía, R.H. Lee y G.R. Bárcena. 2007. Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. *Rev. Científica, FCV-LUZ.* 17(1): 66-72.
- MOORE, J.E., M.H. Brant, W.E. Kunkle and D.I. Hopkins. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77: 122-135.
- NOUEL, B.N., O.P. Hevia, M. Velázquez, D.M. Espejo, C.J. Rojas y B.R. Sánchez. 2011. Efecto de cama de pollos, subproductos de cereales y caña sobre la fisiología ruminal de ovinos. *Rev. Arch. Zootec.* 60(229): 19-30.
- NRC. 2000. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update, p. 249.
- NRC. 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th ed.). National Academy Press. Washington, D.C.
- OOSTING, S.J. 1995. Intake, digestion and small intestinal protein availability in sheep in relation to ammoniation of wheat straw with or without protein supplementation. *Brit. J. Nutrit.* 74: 347-368.
- PEDRAZA, O.R. y T.L. Pacheco. 2000. Consumo voluntario y degradabilidad ruminal en ovinos suplementados con bloques multinutricionales con tres niveles de urea. *Rev. Prod. Anim.* 13(2): 87-88.
- PURSER, D.B. 1970. Nitrogen metabolism in the rumen: microorganisms as a source of protein for the ruminant animal. *J. Anim. Sci.* 30: 988-1001.
- RAMOS, S., M.L. Tejido, M.E. Martínez, M.J. Ranilla and M.D. Carro. 2009. Microbial protein synthesis, ruminal digestion, microbial populations, and nitrogen balance in sheep fed diets varying in forage to concentrate ratio and type of forage. *J. Anim. Sci.* 87: 2924-2934.
- RELLING, A.E. y G.A. Mattioli. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Editorial EDULP, p. 72.
- RÍOS, A.L., J. Combellas y Z.R. Álvarez. 2005. Uso de excretas de aves en la alimentación de ovinos. *Rev. Zootecnia Tropical.* 23(2): 183-210.
- RUSSELL, J.B. and R.B. Hespell. 1981. Microbial rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 64: 1153-1169.
- SAMER, W., E. Kadi, L. Ransom L. Baldwin, Y. Nishanth, E. Sunny, L.O. Sandra and J.B. Brian. 2006. Intestinal protein supply alters amino acid, but not glucose, metabolism by the sheep gastrointestinal tract. *J. Nutr.* 136: 1261-1269.

- STERN, M.S., S. Calsamiglia y M.I. Endres. 1994. Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen. University of Minnesota, EE UU. X curso de especialización FEDNA. Madrid, España, 10 y 11 de noviembre, p. 18.
- TAMMINGA, S. 1979. Protein Degradation in the Forestomachs of Ruminants. J. Anim. Sci. 49: 1615-1630.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminants. Ed. O and B Brooks, Corvallis, Oregon. USA: p. 374.
- VILLALOBOS, G.C., B.E. González y S.J. Ortega. 2000. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. Rev. Téc. Pec. Méx. 38(2): 119-134.
- WALLACE, R. J. 1994. Ruminant Microbiology, Biotechnology, and Ruminant Nutrition: Progress and Problems. J. Anim. Sci. 72: 2992.
- YZAGUIRRE, L., J. Combellas. 2002. Suplementación de ovejas lactantes con *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*). Rev. Científ. 12:2. 545-547.
- ZAPATA, C.O., E. Néstor, Y. Díaz, J. Palma y J.L. Gil. 2004. Efecto de la sustitución parcial de la proteína de la dieta por urea sobre el consumo voluntario de materia seca y respuesta productiva de corderos. Rev. Zoot. Trop. 22(1): 29-48.



# Efecto del anticuerpo IgY y núcleo proteico NuPro en el desempeño y características de la canal de corderos en crecimiento

## Effect of IgY Antibody and Protein core NuPro on Performance and Carcass Characteristics of Growing Lambs

Teresa Bautista-Castillo\*, Ramón Florencio García-Castillo<sup>1</sup>, Félix de Jesús Sánchez-Pérez<sup>1</sup>, Roberto García-Elizondo<sup>1</sup>, Jaime Salinas-Chavira<sup>2</sup>, Jorge Ramsy Kawas-Garza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Victoria-Mante Km. 5, Ciudad Victoria, Tamps., México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Escobedo, N. L., México. E-mail: ttere\_11@hotmail.com (\*Autor responsable)

### RESUMEN

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del anticuerpo de yema de huevo de gallina inmunoglobulina Y (IgY) y el núcleo proteico NuPro® en la dieta de corderos en crecimiento, sobre su comportamiento productivo, tiempo de consumo y características de la canal. Se utilizaron ocho corderos machos enteros en crecimiento de la raza Pelibuey. Las dietas se prepararon con una ración base de sorgo y pasta de soya, más los tratamientos: sin IgY y sin NuPro (SA/SN); con 0.125% de anticuerpos (CA/SN); 4.0% de NuPro (SA/CN) y 0.125% de anticuerpos, y 4.0% de NuPro (CA/CN). Se evaluó el consumo diario de alimento (CDA), la ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CA) de 0-28 d, 29-56 d y 0-60 d, así como el tiempo de consumo y de rumia, durante 24 h y características de la canal. Se utilizó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2x2. El CDA, la GDP y la CA no mostraron diferencia ( $p \leq 0.05$ ) en la etapa de 0-56 y 29-56 d, pero fueron mayores ( $p \leq 0.01$ ) en los tratamientos SA/SN y CA/SN. El CDA, la GDP y la CA para el tiempo de consumo incrementó ( $p \leq 0.05$ ) en animales que consumieron anticuerpo y/o NuPro solos o ambos, sin afectar ( $p \geq 0.05$ ) el tiempo de rumia y masticación. El peso y el rendimiento de la canal caliente y frío fueron iguales ( $p \leq 0.05$ ). El CDA fue mayor en el testigo (SA/SN) y en los corderos que tuvieron dieta con anticuerpos (CA/SN), reflejándose en la GDP, sin afectar la CA durante los primeros 28 d, no hubo efecto en las mismas variables de los 29-56 y 0-56 d. El tiempo de consumo aumentó en corderos que consumieron las dietas con IgY y NuPro.

**Palabras clave:** Inmunoglobulina, proteínas, corderos, alimentación, ganancia de peso.

### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the effect of egg yolk antibody of immunoglobulin Y chicken (IgY) and NuPro®, in the diet of growing lambs about their productive behavior, time consumption and carcass characteristics. Eight whole male Pelibuey lambs in growth stage were used. The diets were prepared with a ration based on sorghum and soybean meal plus treatments: no IgY and without NuPro (WOA/WON); with 0.125% of antibodies (WA/WON); with 4.0% of NuPro (WOA/WN) and (4) with 0.125% of antibody and 4.0% NuPro (WA/WN). Daily feed intake (DFI) was evaluated, daily weight gain (DWG) and feed efficiency (FE) of 0-28 d, 29-56 d and 0-60 d, as well as the time consumption and rumination for 24 h and carcass characteristics. A completely randomized experimental design was used in 2x2 factorial arrangement. The DFI, ADG and FE for stage 0-56 and 29-56 d showed no difference ( $p \leq 0.05$ ), but they were greater ( $p \leq 0.01$ ) in treatments WOA/WON and WA/WON. The time consumption increased ( $p \leq 0.05$ ) in animals fed antibody and/or NuPro alone or both. Without affecting ( $p \geq 0.05$ ) rumination time, and chewing. The weight and performance of hot and cold carcass were equal ( $p \leq 0.05$ ). The DFI was higher in the control (WOA/WN) and lambs that had antibodies diet (WA/WON), reflecting in the GDP; without affecting the FE during the first 28 d. There was no effect in the same variables of the treatments 29-56 0-56 d. The time consumption increased in lambs fed with the diets containing IgY and NuPro.

**Keywords:** Immunoglobulin, protein, lambs, feed, weight gain.

## INTRODUCCIÓN

La ovinocultura tiende a mejorar rendimientos que optimicen la producción para ser más eficientes y competitivos. En la alimentación del ganado ovino el contenido de nutrientes y fuentes energéticas son primordiales; sin embargo, también se requieren suplementos que mejoren el sistema inmune del animal y le permitan obtener un mejor desempeño. Este es el caso del anticuerpo de la yema de huevo de gallina inmunoglobulina Y (IgY)<sup>®</sup> y el núcleo proteico (NuPro).

La administración oral de anticuerpos específicos da una visión atractiva para establecer inmunidad protectora contra patógenos gastrointestinales en seres humanos y animales (Carlander, 2002). Además, la IgY preserva la flora normal inalterada logrando suministrar al mismo tiempo productos de bacterias beneficiosas, y no promueve el desarrollo de resistencia bacteriana (Bilba *et al.*, 2007). De igual manera, la IgY presente en la yema de huevo se ha utilizado para diversas aplicaciones de inmunología, biotecnología, bioquímica, salud animal y humana (Barroso *et al.*, 2005). De allí, los anticuerpos IgY se han utilizado de forma satisfactoria en inmunohistoquímica para la detección de antígenos virales y bacterianos, tanto de origen vegetal o animal, así como para el estudio de la incidencia de parásitos intestinales en animales domésticos (Chacana *et al.*, 2004).

A comienzos del siglo xx se utilizaban levaduras como fuente importante de vitaminas en nutrición animal (Balseca, 2009). De esta manera, los nucleótidos y algunas de sus funciones benefician la circulación sanguínea y el fortalecimiento de la inmunidad. Al controlar infecciones, se promueve la regeneración y el crecimiento de nuevas células (Araque, 2011). Cortegano (2012) señala que al ingerir nucleótidos disminuyen las infecciones, mientras que García *et al.* (2011) reportan que también disminuye el por ciento de mortalidad.

El producto comercial NuPro<sup>®</sup> (AlltechInc., Nicholasville, KY) se obtiene de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y contiene proteínas hidrolizadas y altas concentraciones de nucleótidos. Las aportaciones que ofrece NuPro se consideran como una opción prometedora para la industria alimentaria en animales, mejorando el crecimiento, consumo y eficiencia en la utilización del alimento, de la misma manera mejora la salud intestinal y la función inmunológica (Araque, 2011; Tripathi y Karim, 2011). NuPro puede reemplazar diversas fuentes de proteínas animales para especies comestibles (Balseca, 2009).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con el anticuerpo de yema de huevo de gallina IgY y el núcleo proteico NuPro<sup>®</sup> en la dieta de corderos en etapa de crecimiento, sobre su comportamiento productivo (consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia), así como en el tiempo de consumo y características de la canal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se asignaron aleatoriamente ocho corderos machos enteros en crecimiento de la raza Pelibuey, con promedio de 14.00 kg PV en cuatro grupos, con dos animales por tratamiento, se consideró cada cordero como una unidad experimental.

Los corderos se alimentaron con una ración base, preparada con sorgo molido y pasta de soya, todas isoproteicas, 14.0% PC e isoenergéticas (1.921 ENm Mcal/kg) y (1.279 ENg Mcal/kg) Ca, 0.7; P, 0.4.

Los contenidos de energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), Ca y P fueron estimados con base en los valores reportados en las tablas de composición de alimentos (NRC, 1985).

### Tratamientos

Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes: (1) ración base, sin anticuerpo de yema de huevo IgY y sin nucleótido proteico (NuPro) (SA/SN); (2) ración base con 0.125% de anticuerpos (CA/SN); (3) ración base con 4.0% de NuPro (SA/CN); y (4) ración base con 0.125% de anticuerpos y 4.0% de NuPro (CA/CN).

El estudio de crecimiento tuvo una duración de 71 d; 15 d de adaptación a las dietas y manejo y 56 d para la obtención de datos.

### Variables evaluadas

Se registró el consumo diario de alimento (CDA), la ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CA). El CDA se calculó de la diferencia entre la cantidad de alimento ofrecido y del alimento rechazado. La conversión alimenticia (CA) fue calculada como el CDA/GDP.

### Análisis de la dieta

Se tomaron muestras de las dietas ofrecidas para determinar: materia seca (MS), humedad y extracto etéreo (EE) según procedimientos reportados por AOAC (1997). El contenido de proteína cruda (PC) se analizó de acuerdo con el procedimiento Kjeldahl

**Cuadro 1.** Análisis químico de las dietas que contienen anticuerpo de yema de huevo IgY, NuPro y ambos en la alimentación de corderos machos enteros en crecimiento de la raza Pelibuey.

Tratamientos	Análisis químico [%]			
	PC	EE	Cenizas	FC
SA/SN	14	3.03	7.784	8.891
CA/SN	14	3.029	7.469	9.185
SA/CN	14	3.249	7.235	11.273
CA/CN	14	3.065	7.418	10.495

CA: con anticuerpo (IgY); CN: con núcleo proteico (NuPro); SA: sin anticuerpo (IgY); SN: sin núcleo proteico (NuPro); PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo.

como ( $PC = N \times 6.25$ ) (AOAC, 1997). El contenido de energía neta de mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg) Mcal/kg, fueron estimados respectivamente de acuerdo con las siguientes ecuaciones (NRC, 1985):  $ENm = 1.37EM - 0.138EM^2 + 0.0105EM^3 - 1.12$ ;  $ENg = 1.42EM - 0.174EM^2 + 0.0122EM^3 - 1.65$ . El contenido de Ca 0.7 y P 0.4 fueron estimados de acuerdo con los valores reportados en las tablas de composición de alimentos (NRC, 1985) (Cuadro 1).

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, con arreglo factorial 2x2 (dos niveles de anticuerpo IgY y dos niveles de NuPro) para las variables en estudio, con dos repeticiones. Para comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Prueba de desempeño

En el periodo de 0 a 28 d, no existió diferencia ( $p \geq 0.05$ ) en el CDA para los tratamientos SA/CN y CA/CN; sin embargo, en las dietas SA/SN y CA/SN se encontró una diferencia ( $p \leq 0.01$ ). Los tratamientos con NuPro disminuyeron el CDA hasta 30.6%. En las dietas SA/SN y CA/SN hubo diferencias ( $p \leq 0.05$ ) en la GDP con respecto a las dietas SA/CN y CA/CN. Sin embargo, no se registró diferencia ( $p \geq 0.05$ ) en las dietas (SA/CN) y CA/CN. Lo anterior muestra que estos dos aditivos actúan de manera independiente.

La CA no fue afectada ( $p \geq 0.05$ ) por la presencia de los aditivos en las diferentes dietas. Aunque numéricamente el tratamiento CA/CN requirió más

unidades de alimento para producir una unidad de ganancia. En los días de 29 a 56 y 0-56 de la investigación, las variables CDA, GDP y CA, no se observaron diferencias ( $p \geq 0.05$ ) en los tratamientos (Cuadro 2).

En otros trabajos realizados con corderos alimentados con y sin suplemento proteico (harina de soya) mostraron mayor consumo de materia seca que los corderos del grupo sin suplementar; además, mejoraron la GDP y la tasa de eficiencia alimenticia (Rodríguez *et al.*, 2008). Resultados similares con dietas altas en proteína reportan Sultan *et al.* (2010). Diferentes resultados presentan Obeidat *et al.* (2009) al reportar mayor consumo de materia seca ( $p \leq 0.05$ ) y mayor GDP ( $p \leq 0.05$ ) para los corderos alimentados con 8% de harina de sésamo (HS), seguido de las dietas sin HS y 16% de HS. Por lo cual, una proteína de buen valor biológico representa mejor comportamiento en la GDP.

Fahmy *et al.* (1992) explican que las ganancias diarias de peso en corderos alimentados con harina de pescado y harina de gluten de maíz fueron más altas. De igual manera, al incrementar el nivel de PC en la dieta, los corderos tienen mejores y más rápidas ganancias de peso (Hussein y Jordania, 1991; Casares, 2002). Sin embargo, la GDP fue mayor ( $p \leq 0.01$ ) en el testigo que en el grupo que contenía harina de cacahuate (Tripathi *et al.*, 2001).

En otro estudio con corderos alimentados con dietas que contenían cultivo de levadura viva de *Saccharomyces cerevisiae* y/o bicarbonato de sodio, el consumo de materia seca no fue diferente ( $p \geq 0.05$ ) entre tratamientos durante todo un periodo de 60 d (Kawas *et al.*, 2007).

El contenido de forraje en la dieta puede afectar el comportamiento de los corderos. En un trabajo realizado por Jacques *et al.* (2011), los corderos alimentados ad libitum con un concentrado, tuvieron una mejor ( $p \leq 0.01$ ) eficiencia alimenticia que los corderos que recibieron concentrado restringido, sin forraje y con forraje en la dieta.

La ingesta de concentrado complementado con diferentes niveles de forraje 0, 10, 20 y 30% (fibra) afecta el consumo de materia seca, la GDP y la eficiencia alimenticia (consumo/ganancia) de corderos en etapa de finalización (Fimbres *et al.*, 2002). Cook (2004) reporta que al suministrar anticuerpos procedentes de la yema de huevo se mejora la eficiencia alimenticia, así como la consistencia del producto. Potchoiba *et al.* (1990) señalan que la GDP tendió a ser mayor ( $p \leq 0.05$ ) al usar un alimento sólido conteniendo 15.8% de PC. De igual manera, características como el sabor y el olor de los alimentos pueden influir en el comportamiento de los animales. Huston y Shelton (1971) reportan que al utilizar alimen-

tos con harina de sangre en corderos, éstos ganaron peso más lentamente que los alimentados con harina de soya.

### Tiempo de consumo y rumia

Se observó una diferencia ( $p \leq 0.05$ ) en los tratamientos CA/SN y SA/CN, en el tiempo de consumo utilizado por los corderos. Los corderos dedicaron un tiempo de consumo 32.0% mayor con las dietas con anticuerpo y NuPro, que los animales alimentados con la dieta SA/SN. Los corderos tuvieron 38.0% más de tiempo de consumo al ingerir el tratamiento CA/CN que los alimentados con las dietas que contenían estos aditivos por separado. El tiempo de rumia y masticación no influyó ( $P \geq 0.05$ ) la adición de los compuestos entre los tratamientos. Aunque los tiempos de rumia fueron similares entre las dietas, se observó una tendencia hacia un mayor tiempo de rumia en los corderos del tratamiento control (Cuadro 3).

En investigaciones recientes, se recomienda que al evaluar dietas para rumiantes es necesario conocer

**Cuadro 2.** Comportamiento productivo de corderos de la raza Pelibuey, alimentados con anticuerpo de yema de huevo IgY y NuPro.

	Con NuPro		Sin NuPro		EE	Probabilidad ( $P \geq F$ )		
	Sin IgY	Con IgY	Sin IgY	Con IgY		A	N	AXN
<b>0-28 d</b>								
Consumo diario de alimento ( $\text{kg d}^{-1}$ )	0.574	0.577	0.850	0.809	0.051	0.004	0.653	0.614
Ganancia diaria de peso ( $\text{kg d}^{-1}$ )	0.134	0.116	0.205	0.205	0.018	0.042	0.751	0.751
Conversión alimenticia ( $\text{kg kg}^{-1}$ )	4.442	5.642	4.143	3.933	0.441	0.357	0.635	0.507
<b>29-56 d</b>								
Consumo diario de alimento ( $\text{kg d}^{-1}$ )	0.964	0.969	1.119	1.143	0.066	0.345	0.927	0.952
Ganancia diaria de peso ( $\text{kg d}^{-1}$ )	0.264	0.259	0.295	0.237	0.015	0.894	0.581	0.508
Conversión alimenticia ( $\text{kg kg}^{-1}$ )	3.667	3.789	3.798	4.783	0.204	0.130	0.134	0.218
<b>0-56 d</b>								
Conversión alimenticia ( $\text{kg kg}^{-1}$ )	0.769	0.773	0.985	0.976	0.054	0.096	0.977	0.950
Ganancia diaria de peso ( $\text{kg d}^{-1}$ )	0.199	0.188	0.250	0.221	0.015	0.236	0.552	0.777
Ganancia diaria de peso ( $\text{kg d}^{-1}$ )	3.907	4.293	3.937	4.392	0.164	0.866	0.328	0.928

**Cuadro 3.** Tiempo de consumo, rumia y masticación en corderos Pelibuey en crecimiento, alimentados con dietas que contienen el anticuerpo IgY, NuPro y ambos.

Tiempo (min)	Con NuPro		Sin NuPro		Probabilidad (P≥F)			
	Sin IgY	Con IgY	Sin IgY	Con IgY	EE	A	N	AXN
Consumo	140.00	195.00	107.50	142.50	10.11	0.016	0.014	0.61
Rumia	212.50	160.00	240.00	185.00	23.48	0.524	0.179	0.971
Masticación	0352.50	355.00	347.50	327.50	17.11	0.715	0.837	0.795

el tiempo que utiliza el animal para realizar el consumo, la masticación y la rumia, ya que éste dependerá de la calidad del alimento y su contenido fibroso. De allí, Pereyra y Leiras (1991) mencionan que la rumia depende de la calidad del alimento y su contenido de fibra; además, a mayor calidad, menor tiempo de rumia y viceversa.

En otra investigación se reporta que el tiempo de rumia incrementa linealmente con el incremento del nivel de forraje en la dieta y con tiempo de 2.4 a 6.9 h por día; además, el tiempo de consumo fue de 1.5 a 2.9 h. Aunado a este comentario, corderos que recibían ración de bajo nivel de forraje –bajos en fibra– masticaron menos (Fimbres *et al.*, 2002). Sin embargo, en otras investigaciones en corderos, la rumia fue menor en dietas conteniendo el antibiótico monensina al compararlas con dietas conteniendo lasalocid sódico (González-Momita *et al.* 2009). De igual manera, al evaluar estas variables, condiciones como el dolor y el estrés también disminuyen la rumia. Y la

posición ideal para la rumia es en decúbito esternal aunque en algunas ocasiones la pueden realizar de pie o caminando (Pereyra y Leiras, 1991).

#### Características de la canal

El peso al sacrificio y el rendimiento de canal caliente y frío no mostraron diferencias ( $p \geq 0.05$ ) con la inclusión del anticuerpo y NuPro individuales o conjuntos. Mostraron valores similares ( $p \geq 0.05$ ) en las dos dietas que contenían el anticuerpo de la yema de huevo (Cuadro 4).

Frías *et al.* (2011) reportan valores menores a los encontrados en esta investigación, al alimentar corderos de cruza de razas Pelibuey con Katahdin y Dorper con pasto y suplementados en la dieta con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica. Ellos encontraron un peso de canal caliente de 14.14 kg y peso de canal fría de 13.6 kg, con rendimiento en canal caliente de 43.0% y rendimiento de la canal fría de 41.45%, y cuando utilizaron corderos de raza Pe-

**Cuadro 4.** Efecto en el peso al sacrificio, peso y rendimientos de canal caliente y frío en corderos Pelibuey, alimentados con dietas que contienen el anticuerpo IgY, NuPro y ambos.

Variables (kg)	Con NuPro		Sin NuPro		Probabilidad (P≥F)			
	Sin IgY	Con IgY	Sin IgY	Con IgY	EE	A	N	AXN
Peso al sacrificio (kg)	25.0	25.6	27.3	25.6	0.660	0.501	0.752	0.501
Peso canal caliente (kg)	11.8	12.2	13.2	12.3	0.341	0.372	0.749	0.566
Peso canal frío (kg)	11.8	12.1	13.1	12.3	0.334	0.370	0.748	0.502
Rendimiento canal caliente (%)	47.2	47.4	48.2	48.0	0.395	0.524	0.939	0.752
Rendimiento canal frío (%)	47.2	47.2	47.9	47.9	0.334	0.587	0.951	0.971

libuey mostraron un peso de canal caliente de 13.50 kg y canal fría de 12.94 kg, con un rendimiento en canal caliente de 42.0% y el rendimiento de la canal fría de 40.2%.

Por otra parte, Macías *et al.* (2010) al utilizar corderos de las razas Dorper x Pelibuey, Katahdin x Pelibuey y Pelibuey puro reportan pesos de canal caliente de 20.1, 18.9 y 18.3 kg; con pesos de la canal fría de 18.9, 17.5 y 16.6 kg, y un rendimiento de la canal de 52.6, 52.4 y 54.5%, respectivamente.

García (2003) encuentra rendimiento en canal promedio de 52.0% al utilizar levadura *Saccharomyces cerevisiae*, bicarbonato de sodio y ambos en la alimentación de corderos Pelibuey. Estos rendimientos son superiores a los observados en esta investigación. En otros estudios, Fimbres (2000) reporta que el peso de las canales (kg), en caliente y en frío, se redujeron ( $p \leq 0.05$ ) con un aumento en el contenido de heno en la ración de los corderos.

## CONCLUSIÓN

El consumo diario de alimento y la ganancia diaria de peso fueron mayores en corderos testigo y en los que consumieron la dieta que contenía anticuerpo de yema de huevo en los primeros 28 d de investigación. En las etapas de 29 a 56 d y de 0 a 56 d no fueron afectadas. El tiempo de consumo incrementó en los animales que ingirieron las dietas con yema de huevo IgY y núcleo proteico, sin tener efecto en el tiempo de rumia, masticación y características de la canal.

## LITERATURA CITADA

AOAC. 1997. Oficial Methods of Analysis (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1018 pp.

ARAQUE, H. 2011. Incorporación de ingredientes funcionales en el alimento para cerdos: Nucleótidos Orgánicos. Alltech. Lima, Perú. 1 p. <http://www.actualidadporcina.com/alltech/articulos/incorporacion-de-ingredientes-funcionales-en-el-alimento-para-cerdos-nucleotidos-organicos.html> (08/octubre/2012).

BALSECA O., S.B. 2009. Utilización de NuPro® (Nucleotidos, proteínas e inositol) en dietas de gallinas Lohman Brown desde el pico de producción hasta las 45 semanas de edad. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 57 pp.

BARROSO, P., H. Murcia., N. Vega y G. Pérez. 2005. Obtención y purificación de IgY dirigidas contra la lectina de *Salvia bogotensis*. Biomédica 25(4): 496-510.

BILBA, G.N., P.A. Chacana, V. Parreño y H.R. Terzolo. 2007.

Diarrea de los terneros, una solución proporcionada por la gallina. Sitio Argentino de Producción Animal. Visión Rural. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_amamantamiento/13-huevo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_amamantamiento/13-huevo.pdf)

CARLANDER, D. 2002. Avian IgY Antibody. *In vitro* and *In vivo*. Doctoral thesis. Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Medicine 1119. Uppsala. 53 pp.

CASARES, C. 2002. El girasol y sus subproductos en la alimentación animal. Asociación Argentina de Girasol (ASAGIR). Simposio Argentino de Girasol. Gacetilla de Prensa N 8.

CHACANA, P.A., H.R. Terzolo, C.E. Gutiérrez y R. Schade. 2004. Tecnología IgY o aplicaciones de los anticuerpos de yema de huevo de gallina: biología, propiedades y su aplicación en medicina humana y veterinaria. Rev. Med. Vet. 85(5): 179-189.

COOK, M. E. 2004. Antibodies: Alternatives to antibiotics in improving growth and feed efficiency. J. Appl. Poult. Res. 13(1): 106-119.

CORTEGANO, I. 2012. Los Nucleótidos en Alimentación Animal. Aplicaciones Biológicas a la Nutrición (ABN). Madrid. España. 3 p. [http://www.abnspain.com/images/stories/Los\\_nucleotidos\\_en\\_alimentacion\\_animal\\_ABN.pdf](http://www.abnspain.com/images/stories/Los_nucleotidos_en_alimentacion_animal_ABN.pdf) (08/diciembre/2012).

FAHMY, M.H., J.M. Boucher, L.M. Poste, R. Grégoire, T. Mayordomo and J.E. Comeau. 1992. Feed efficiency, carcass characteristics, and sensory quality of lambs, with or without prolific ancestry, fed diets with different protein supplements. J. Anim. Sci. 70(5): 1365-1374.

FIMBRES, D. H. 2000. Efecto del nivel de fibra en la ración de corderos de engorda, sobre el desempeño, digestión y parámetros ruminales. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, N.L., México, pp. 61-94.

FIMBRES, H., G. Hernández V., J.F. Picón R., J.R. Kawas and C.D. Lu. 2002. Productive performance and carcass characteristics of lambs fed finishing ration containing various forage levels. Small Rumin. Res. 43(3): 283-288.

FRÍAS, J.C., E.M. Aranda, J. A. Ramos, C. Vázquez y P. Díaz. 2011. Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada. Avances en Investigación Agropecuaria, 15(3): 33-44.

GARCÍA C., R. F. 2003. Efecto del bicarbonato de sodio y un cultivo de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) en raciones para corderos, sobre el consumo, digestibilidad, parámetros ruminales y características de la

- canal. Tesis doctoral en Ciencias Veterinarias con Énfasis en Producción Animal. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Monterrey, N.L., México, pp. 75-77.
- GARCÍA C., R.F., C. Martínez R., L. Rodríguez G., J.M. Fuentes R., J.D. Hernández B. y J. Salinas C. 2011. Núcleo proteico en dietas para lechones pos-destete precoz. Memorias de LVI Reunión Anual del PCCMCA. El Salvador, CA, p. 167.
- GONZÁLEZ-MOMITA, M.L., J.R. Kawas, R.F. García-Castillo, C. González-Morteo, J. Aguirre-Ortega, G. Hernández-Vidal, H. Fimbres-Durazo, F.J. Picón-Rubio, and C.D. Lu. 2009. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of pelibuey lambs fed finishing diets with ionophore (monensin or lasalosid) and sodium malate. *Small Rumin. Res.* 83: 1-6.
- HUSSEIN, S.A. and R.M. Jordania. 1991. Fish meal as a protein supplement in finishing lamb diets. *J. Anim. Sci.* 69(5): 2115-2122.
- HUSTON, J.E. and M. Shelton. 1971. An evaluation of various proteins concentrates for growing finishing lambs. *J. Anim. Sci.* 32(2): 234-338.
- JACQUES, J., R. Berthiaume and D. C. Mars. 2011. Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. *Small Rumin. Res.* 95(1-2): 113-119.
- KAWAS, J.R., R. García C., F. Garza C., H. Fimbres D., E. Olivares S., G. Hernández V. and C.D. Lu. 2007. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Rumin. Res.* 67(2-3): 157-163.
- MACÍAS, C.U., F.D. Álvarez V., J. Rodríguez G., A. Correa C., N.G. Torrentera O., L. Molina R. y L. Avendaño R. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.* 42(3): 147-154.
- NRC, 1985. Nutrient Requirement of Sheep. National Research Council. National Academy Press. Sixth revised Edition. Washington, D.C., USA, pp. 2-25.
- OBEIDAT, B.S., A.Y. Abdullah, K.Z. Mahmoud, M.S. Awawdeh, N.Z. Al-Beitawi and F.A. Al-Lataifeh. 2009. Effects of feeding sesame meal on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of Awassi lambs. *Small Rumin. Res.* 82(1): 13-17.
- PEREYRA, H. y M. A. Leiras. 1991. Comportamiento bovino de alimentación, rumia y bebida. *Fleckvieh-Simmental*, 9(51): 24-27.
- POTCHOIBA, M.J., C.D Lu, F. Pinkerton and T. Sahlu. 1990. Effects of all-milk diet on weight gain, organ development, carcass characteristics and tissue composition, including fatty acids and cholesterol contents, of growing male goats. *Small Rumin. Res.* 03(6): 583-592.
- RODRÍGUEZ, A.B., R. Bodas, N. Prieto, R. Landa, A.R. Mantecón and F.J. Giráldez. 2008. Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. *Livestock Science* 116(1-3): 118-125.
- SULTAN, J.I., A. Javaid and M. Aslam. 2010. Nutrient digestibility and feedlot performance of lambs fed diets varying protein and energy contents. *Trop Anim. Health Prod.* 42: 941-946.
- TRIPATHI, M. K. and S. A. Karim. 2011. Effect of yeast cultures supplementation on live weight change, rumen fermentation, ciliate protozoa population, microbial hydrolytic enzymes status and slaughtering performance of growing lamb. *Livestock Science.* 135(1): 17-25.
- TRIPATHI, M.K., A.S. Mishra, A.K. Misra, D. Mondal and S.A. Karim. 2001. Effect of substitution of groundnut with high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on nutrient utilization, growth, vital organ weight and blood composition of lambs. *Small Rum. Res.* 39(3): 261-267.



# Normas editoriales para publicar en *Agraria*

## INTRODUCCIÓN

*Agraria* es una revista científica cuatrimestral, publicada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coah., México. Fue creada con el propósito de difundir los resultados de investigaciones científicas originales e inéditas sobre temas relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales, incluyendo las áreas de ingeniería, agroindustria y socioeconómicas.

La revista *Agraria* está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).

Los materiales que se envíen para su publicación deberán ceñirse a las normas que, para tal efecto, establezca *Agraria* y estarán sujetos a revisión y arbitraje por el Comité Editorial de la revista —o por quienes éste designe—, como requisito previo a su publicación.

## TIPO DE MATERIALES PARA PUBLICACIÓN

La revista *Agraria* acepta, para su publicación, materiales en español e inglés, sobre temas relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales, incluyendo las áreas de ingeniería, agroindustria y socioeconómicas. Todo material deberá venir acompañado de la solicitud correspondiente.

Estos materiales pueden ser artículos científicos, notas de investigación o ensayos.

- Artículo científico
- Ensayo científico
- Nota de investigación

No se aceptan trabajos ya publicados, o que estén sometidos a consideración en otros medios científicos de difusión.

Es de desear que la realización de la investigación, cuyos materiales sean enviados para su publicación,

no exceda de cuatro años anteriores a la fecha de su remisión.

## ESTRUCTURA Y DEFINICIONES

### Artículo científico

Es el resultado de un trabajo de investigación en el cual se aplicó, de forma rigurosa, el método científico, estudiando el efecto que tienen diferentes tratamientos sobre la respuesta medible de un sistema, como metodología para comprobar o rechazar una hipótesis claramente establecida en el trabajo. El material no deberá exceder de 20 cuartillas, incluidos cuadros y figuras.

Los artículos científicos que se envíen deberán constar de las siguientes partes:

1. Título
2. Título en inglés
3. Autor(es)
4. Institución(es) de adscripción y datos de localización del autor responsable (domicilio, teléfono, fax, e-mail)
5. Abstract, que es la traducción al inglés del resumen, incluidas las palabras clave
6. Resumen, que incluirá al pie las palabras clave hasta un máximo de 6
7. Introducción
8. Materiales y métodos
9. Resultados y discusión
10. Conclusiones
11. Literatura citada
12. Agradecimientos

### Ensayo científico

Consiste en el análisis crítico de una recopilación actualizada de artículos científicos, informes de investigación, o materiales similares, en los que el autor aporta su opinión personal sobre un tema, estableciendo conclusiones respecto al estado actual del conocimiento sobre el mismo. En *Agraria* no se publicarán revisiones bibliográficas, ni ensayos que no

aporten conocimiento o interpretaciones originales. El material no deberá exceder de 20 cuartillas, incluidos cuadros y figuras.

Partes de que consta el ensayo:

1. Título
2. Título en inglés
3. Autor(es)
4. Institución(es) de adscripción y datos de localización del autor responsable (domicilio, teléfono, fax, e-mail)
5. Abstract; es la versión al inglés del Resumen, incluye las Key words
6. Resumen, incluidas las palabras clave
7. Introducción
8. Desarrollo del tema, con los subtítulos que se estimen convenientes
9. Discusión, cuando proceda
10. Conclusiones
11. Literatura citada

### Nota de investigación

Son materiales basados en trabajos experimentales que, sin perjuicio del método y rigor científicos, presentan aspectos metodológicos innovadores o resultados que, por su carácter novedoso, el autor considera de interés publicar antes de finalizar su investigación.

En general, una Nota de Investigación contendrá los mismos capítulos que los de un Artículo, pero su extensión máxima será de 10 cuartillas.

### FORMATO

El siguiente formato es aplicable a los tres tipos de contribuciones que publica **Agraria**: artículos, notas y ensayos.

**Título.** Se escribirá al inicio, debajo se colocará su traducción al inglés.

**Autores.** Los autores incluirán sus nombres completos (sin iniciales de nombres ni de apellidos), pero de común acuerdo con ellos se definirá si aparecerán abreviados en la versión publicada. Los nombres de los autores se separarán por comas y no habrá punto al final del nombre completo del último autor. Su ubicación será centrada, inmediatamente abajo del título, sin grados académicos ni cargos laborales, con mayúsculas sólo en las letras iniciales. Al final

de cada nombre se colocará índices numéricos progresivos y al pie de la primera página se indicará, para cada índice, el nombre de la institución y el domicilio oficial, incluyendo código postal, número de fax y correo electrónico. Si todos los autores trabajan en la misma institución y dependencia, un solo índice (en cada nombre) será suficiente. En cualquier caso deberá identificarse al autor responsable de la publicación, o al que preferentemente se deberá enviar la correspondencia.

**Resumen.** Sintetiza, en un máximo de 300 palabras, los aspectos más relevantes del trabajo; su justificación, importancia, el método experimental (si procede) y las conclusiones más relevantes.

**Palabras clave.** No deben incluirse los mismos términos contenidos en el título. Se escriben en renglón aparte, después del Resumen.

Ejemplo: **Palabras clave:** *Lycopersicon sculentum*, regulación del crecimiento, parasitismo, azúcar.

**Abstract y Key words.** La misma norma que para el resumen.

**Introducción.** Expresa la motivación, la importancia y los objetivos del trabajo que llevan implícitos las hipótesis del mismo, además de los aspectos más relevantes del tema tratados por otros autores, e identificados en la literatura citada. La introducción no excederá de 80 líneas, ni contendrá ilustraciones.

**Materiales y métodos.** Describe las características relevantes de los materiales usados en el estudio y los procedimientos experimentales empleados, dando particular importancia a la descripción del método experimental utilizado para lograr los objetivos planteados, en plena concordancia con la(s) hipótesis.

**Resultados y discusión.** Incluye los resultados de la investigación, presentados en forma de texto, cuadros, y figuras, sin duplicar en unos la información presentada en los otros. Los resultados incluirán datos que puedan ser fácilmente calculados por el lector. En la discusión se resaltarán los principios más importantes y las relaciones causa-efecto derivadas del análisis de los resultados.

Además se deberá explicar, en función de las observaciones hechas, las causas posibles de lo observado. Los resultados obtenidos se compararán con los de otros investigadores y se señalarán coincidencias y divergencias.

**Conclusiones.** Primero se presentarán las conclusiones correspondientes a los objetivos planteados. En seguida se pueden incluir otras conclusiones relevantes y recomendaciones que emanen del trabajo realizado.

**Agradecimientos.** De haberlos, podrán incluirse después de las conclusiones y antes de la literatura citada.

**Literatura citada.** Solamente se citarán aquellos materiales que sean relevantes para el artículo enviado, evitando la excesiva redundancia en las citas. Para la forma de citar correctamente las diversas fuentes de literatura ver el apartado **Citas bibliográficas**.

### **Formato de los encabezados**

#### *Encabezado de primer orden*

Es el título del artículo, nota, o ensayo, y se escribe sin ningún signo de puntuación al final del mismo.

#### *Encabezados de segundo orden*

Son las partes principales del material: Resumen, Abstract, Introducción, Materiales y métodos, etc., y no llevan ningún signo de puntuación al final; el texto correspondiente se escribe en punto y aparte.

#### *Encabezados de tercer orden*

Son subordinados de los anteriores, no llevan signo alguno de puntuación al final; y su texto se escribe a punto y aparte.

#### *Encabezados de cuarto orden*

Subordinados de los anteriores, el texto que les corresponde se escribe después de punto y seguido.

## **TEXTOS**

Los textos, con todos sus anexos, deben enviarse sin contraseñas de seguridad, por correo electrónico, escritos en un procesador de textos de uso común (preferimos Word), en formato tamaño carta (21.57 x 27.94 cm), sin sangría, y a doble espacio, con márgenes de 2.5 cm por lado. Agradeceremos evitar nombres de archivo excesivamente largos o con espacios en blanco.

Los textos se redactarán en un tipo formal conocido TTF (True Type Font) tales como Arial, Times New Roman o similares, de 12 puntos. Las notas se escribirán en 9 puntos.

Todos los renglones, incluidos los encabezados,

se iniciarán, invariablemente, a partir del margen izquierdo, sin sangría.

Todos los encabezados, independientemente de su orden, se escribirán en altas y bajas, y negrillas.

Los párrafos se escribirán sin pasar renglón entre ellos; para separarlos, a fin de hacer el texto fácil de leer y corregir, se utilizará el formato automático de párrafo del procesador, para darles un espaciado posterior de 6 puntos.

Las unidades que se empleen serán las del Sistema Internacional de Unidades (<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidades/unidades.htm>)

Las páginas, al igual que los cuadros y las figuras, se numerarán progresivamente con números arábigos.

## **CUADROS Y FIGURAS**

Los cuadros y las figuras contendrán sólo la información esencial y en ningún caso repetirán los datos que se presenten en el texto, o en otra forma. Cuadros y figuras deben ser claros, simples, concisos e ilustrativos.

Los cuadros no excederán, en ningún caso, los márgenes de impresión arriba mencionados y deberán presentarse en el cuerpo del texto, con el formato correspondiente, con las columnas separadas por tabulaciones, sin espacios a mano, y en la posición en que se espera que aparezcan, con el número de orden correspondiente.

En los cuadros (ver ejemplo) se empleará sólo el número de cifras significativas necesarias para destacar el punto que se desee.

Los cuadros se realizarán en formato básico con tres líneas horizontales continuas: al inicio del cuadro, al inicio del cuerpo del cuadro (no en el encabezamiento) y al final. El campo y el encabezamiento de las columnas se pueden dividir a conveniencia del autor. No se deben añadir líneas verticales. Los encabezamientos, de columnas y líneas, se escribirán con minúsculas, excepto la primera letra de la oración. Las unidades se colocan debajo de la segunda línea horizontal, como en el ejemplo que se proporciona.

Las figuras tampoco excederán, en ningún caso, los márgenes de impresión establecidos. La posición que deba ocupar cada figura, deberá estar indicada en el texto con negrillas, en renglón aparte, con el número correspondiente. Cada figura se enviará en archivo por separado, en formato TIF (compresión LZW), o JPG, con el tamaño exacto en que se pretende que aparezca en la publicación, en una resolución

**Cuadro 1.** Ganancia de peso por becerros, hetárea y carga animal en zacate buffel, pastoreado a tres asignaciones de forraje.

Variables	Asignación (%) 5	CV (%) 8	11
Ganancia de peso por animal (g d <sup>-1</sup> )	178.4 a	169.9 a	177.6 a 31.2
Carga animal † (borregos ha <sup>-1</sup> 84 d <sup>-1</sup> )	151.7 a	127.8 b	125.9 b 5.3
Ganancia de peso ha <sup>-1</sup> (kg 84 d <sup>-1</sup> )	542.4 a	363.4 b	327.0 b 5.3

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, p<0.05.).

† Se calculó incluyendo el efecto de asignación de forraje, en la pradera y en el animal, con borregos criollos en crecimiento.

no inferior a 150 pixeles por pulgada, con el número que le corresponda (p. ej: fig01.jpg).

Los puntos experimentales deben marcarse visiblemente. Para dividir los ejes se deben escoger intervalos constantes para cada uno. Los mosaicos fotográficos deben entregarse montados en un solo archivo gráfico (TIF, o JPG), totalmente terminados. El aumento de las microfotografías debe indicarse en la leyenda.

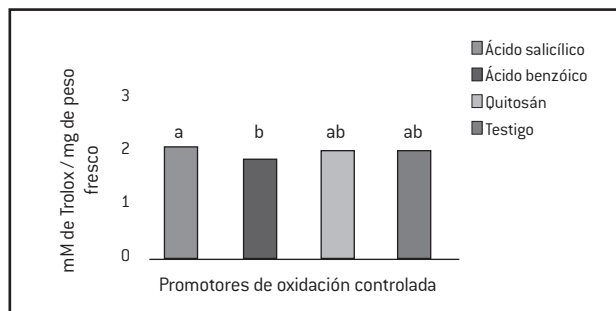


Figura 1. Efecto de promotores de oxidación controlada sobre la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (CAET) en extractos de acelga cv. Fordhock. Letras iguales significan igualdad de acuerdo a la prueba de Tukey a una p<0.05.

En archivo por separado se enviará un listado de las figuras incluidas en el material enviado, con el número de orden y el pie de grabado correspondientes (p. ej.: listafigs.doc). Las figuras pueden ser fotos a color o en tonos de gris –según sea su original–, gráficas (de preferencia a color), ilustraciones, dibujos, o grabados (de preferencia a color).

Los cuadros deberán redactarse en el mismo procesador de textos y formato señalado arriba.

Las ecuaciones, si las hubiere, se insertarán en el texto con un editor de ecuaciones compatible con su procesador.

## NOTAS A PIE DE PÁGINA

Sólo se podrán utilizar, cuando sean absolutamente indispensables, para identificar información adicional y se numerarán progresivamente en el texto. Los asteriscos se reservarán para indicar significación a 5% (\*) y 1% (\*\*), respectivamente. En el pie de grabado o de cuadro se incluirán las notas o llamadas que sean pertinentes, y serán señaladas con números arábigos.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Las citas bibliográficas en las que se apoyen los materiales deberán ser de literatura reciente, relevante y sólo las exclusivamente necesarias para sustentar los planteamientos hechos.

Las citas en el texto se harán de acuerdo con los siguientes lineamientos:

1. Se anotará el apellido principal de los autores y el año, cuando se trate de uno o dos autores, y el apellido principal del primer autor seguido de la expresión *et al* y el año, cuando se trate de tres o más autores;
2. Las citas, cuando sean más de una, se colocarán en orden cronológico atendiendo a lo siguiente:
  - Cuando el nombre del o los autores va en el contexto se colocará el apellido principal seguido del año entre paréntesis, ejemplo: González-Preciado (2002) observó que..., Robledo-Torres (1998) y Hernández-Dávila (2000) encontraron gran diferencia.
  - Cuando la cita se agrega al final de la oración los nombres de los autores, y el año, se colocarán entre paréntesis, separados por una coma, ejemplo: al final de la colecta de frutos (Robledo-Torres, 1998) o (Robledo-Torres, 1998; Hernández-Dávila, 2000) o (Mosqueira *et al.*, 1976).
  - Cuando se cita más de una publicación del mismo autor, de un mismo año, se añade a éste, para distinguirlas, las letras a, b, c, etc., ejemplo: (Turrati-Méndez, 1988a) (Turrati-Méndez, 1988b).
  - Las comunicaciones personales deberán ser recientes y se citarán sólo en el texto, ejemplo: (Dr. E. Juvenal-Enríquez, técnico asesor independiente, 2003, comunicación personal).

Para construir la lista de citas bibliográficas, en el apartado de **Literatura citada** se seguirán las normas que se ilustran a continuación.

**Artículos** en revistas seriadas:

1. López-Tejeda, R., V. Camacho-Rodríguez y M.A. Gutiérrez-Coronado, 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra* 16:43-48.

2. Artículos en una publicación colectiva, no periódica, con o sin editor:

*Ejemplo A, con editor*

Turrent F., A. 1984. Los agrosistemas del trópico. pp. 315-328. In: E. Hernández X. (Ed.). Los sistemas agrícolas de México, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

*Ejemplo B, sin editor*

Cortés E., J. I. 1984. El manejo de los frutales en zonas frías. pp. 181-192. In: La fruta y su perspectiva en México. CONAFRUT. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F.

**Boletines técnicos** u otras publicaciones seriadas no periódicas:

Clement, H.F. 1952. Factors affecting the growth of sugarcane. *Univ. Hawaii Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 18.

**Libros:**

Douglas, J.S. 1976. *Advanced guide to hydroponics*. Drake Publishers. New York, USA.

Zamudio H., B. 1970. *Las especies latifoliadas del Cono Sur*. 2a. edición. Editorial Inca. Lima, Perú.

**Referencias bibliográficas** tomadas de internet, se redactarán de acuerdo a lo enunciado previamente, además de incluir la dirección electrónica (URL) y fecha en que se obtuvo la referencia, por ejemplo:

Verdugo, V., A. Rojas, A. De León, B. Zambrano, E. León, B. Ríos, A. Benavides. 1999. Estimación del índice estomático y la frecuencia estomática en cuatro variedades de ajo (*Allium sativum* L.). <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Runway/8787/estomajo.htm> (28 mayo 2002).

**Referencias a tesis** pueden incluirse como notas de pie de página, aunque debieran evitarse, así como las referencias a trabajos publicados en resúmenes de congresos u otros eventos científicos.

La lista de citas se confeccionará en orden alfabético, y sólo se incluirán en ella los materiales citados en el texto.

En caso de dudas respecto a la forma de citar alguna referencia se puede tomar como ejemplo lo dispuesto al respecto en el manual del editor de ASA-CSSA-SSA, <http://www.asa-cssa-sssa.org/edithan-dbook/>.

En lo referente a citas de recursos electrónicos se puede complementar el Manual anteriormente mencionado con las normas de Columbia Guide to Online Style, [http://www.columbia.edu/cu/cup/cgos/idx\\_basic.html](http://www.columbia.edu/cu/cup/cgos/idx_basic.html)



# PUBLICACIONES 2014



*Agraria* está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).

**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315,

Saltillo, Coah., México

E-mail: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx)

Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11



**Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro**



- 83** Características morfológicas relacionadas con la tolerancia a sequía en triticales  
Morphological Traits Related to Drought Tolerance in Triticale  
Javier Montejó-Hernández, Alejandro Javier Lozano-del Río, Víctor Manuel Zamora-Villa, Carlos Javier Lozano-Cavazos, Luis Ibarra-Jiménez, Iliana de la Garza
- 91** Propagación *in vitro* de *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt & Rose (Cactaceae), especie con protección especial  
*In vitro* propagation of *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt & Rose (Cactaceae), species with special protection  
Martha Monzerrath Orozco-Sifuentes, Leticia Escobedo-Bocardo, Humberto Reyes-Valdés, Alejandra Torres-Tapia, Ana María-Ochoa
- 97** Detección de *Fusarium verticillioides* en genotipos de maíz y su biocontrol *in vitro* con especies de *Trichoderma*  
Detection of *Fusarium verticillioides* in Maize Genotypes and *in vitro* Biocontrol with *Trichoderma* species  
Epifanio Castro-del Ángel, Abiel Sánchez-Arizpe, María Elizabeth Galindo-Cepeda, Mario Ernesto Vázquez-Badillo
- 103** Degradación y absorción de fuentes proteicas en la cinética ruminal de los ovinos  
Degradation and Absorption of Protein Sources in the Ovine Ruminal Kinetics  
Bulmaro Méndez-Argüello, Fernando Ruiz-Zárate, Alberto Guerrero-Rodríguez, Ramiro López-Trujillo, Roberto García-Elizondo, Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez
- 111** Efecto del anticuerpo IgY y núcleo proteico NuPro en el desempeño y características de la canal de corderos en crecimiento  
Effect of IgY Antibody and Protein core NuPro on Performance and Carcass Characteristics of Growing Lambs  
Teresa Bautista-Castillo, Ramón Florencio García-Castillo, Félix de Jesús Sánchez-Pérez, Roberto García-Elizondo, Jaime Salinas-Chavira, Jorge Ramsy Kawas-Garza

**Agraria** es una publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, creada para difundir resultados de investigación nacionales e internacionales, originales e inéditos, escritos en español e inglés, sobre temas relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales, incluyendo las áreas de ingeniería, agro industria, biotecnología y socioeconómicas. Estos materiales pueden ser artículos científicos, notas de investigación o ensayos científico. Los materiales que se envíen para su publicación deberán ceñirse a las normas editoriales y estarán sujetos a estricta revisión por pares, como requisito previo a su publicación.