



Agraria

Vol. 17, núm. 1, enero-abril 2020 • ISSN 0186 8063



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro, vol. 17, núm. 1, enero-abril, 2020.

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

Dr Armando Robledo Olivo

Editor Ejecutivo

M.C. Víctor M. López González

Editores

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente

Dr. Karim de Alba Romenus

Edición

Delirio. Servicios Editoriales



Cuidado de la edición

Anastacia Rodríguez

Diseño y formación

Magela Crisóstomo

Fotografía de portada: Shutterstock

Achiote (*Bixa orellana*)

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: revista_agraria@uaaan.edu.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. 17, núm. 1, enero-abril, 2020, 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: revista_agraria@uaaan.edu.mx Tels. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax: +52 (844) 411 02 11. Editor responsable: Víctor Manuel López González. 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: Artega Norte núm. 225, zona centro, C.P. 25000, Saltillo, Coah. Tel. +52 (844) 481 58 42. Este volumen se terminó de imprimir en abril de 2020, y consta de 200 ejemplares.

CONTENIDO

PÁGINA

1

Prototipo limpiador de semilla de achiote

Prototype achiote seed cleaner

M. Caballero-Caballero, J. L. Montes-Bernabé, M. E. Silva-Rivera

7

**Nanopartículas de cobre como promotor
del vigor de la germinación en semillas de pepino**

Copper nanoparticles as a promoter
of germination vigour in cucumber seeds

*Esmeralda Jackelin Silverio-Mata, Norma Angélica Ruiz-Torres,
Celestino Flores-López, Ileana Vera-Reyes y Ricardo Hugo Lira-Saldívar*

15

**Bioensayos para la evaluación de metodologías
y determinación de periodos precisos de
osmoacondicionamiento en semillas de zacate Buffel
(*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común, bajo condiciones de laboratorio**

Bioassays for the evaluation of methodologies
and determination of precise periods of
osmoconditioning in seeds of zacate Buffel
(*Cenchrus ciliaris*, L.) var. common, under laboratory conditions

*Derly Guillermo Rodríguez-Cantú, Antonio Valdés-Oyervides,
Federico Facio-Parra, Ramón F. García-Castillo, Leopoldo Arce-González*

23

**En cabras subtropicales, una suplementación con maíz
durante la gestación media y tardía no aumenta el peso
de la placenta ni el peso de las crías al nacer**

In subtropical goats, maize supplementation during mean
and late gestation does not increase the placental weight
or the weight of the offspring at birth

*É.S. Mendieta, J.A. Bustamante, L.M. Cedillo, J.A. Flores, J. Vielma, G. Duarte,
G. Fitz-Rodríguez, I.G. Fernández, A. Terrazas, J.A. Delgadillo, H. Hernández*

Prototipo limpiador de semilla de achiote

Prototype achiote seed cleaner



M. Caballero-Caballero¹, J. L. Montes-Bernabé^{*1},
M. E. Silva-Rivera¹

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Calle Hornos núm. 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230. Tel. (52) 951 517 0610. E-mail: mcaballeroca@gmail.com (*Autor responsable)

RESUMEN

En el mundo ha aumentado la tendencia a usar colorantes naturales, de entre los cuales destaca el achiote (*Bixa orellana*), que en su superficie externa contiene los pigmentos colorantes bixina y norbixina, empleados para teñir productos alimenticios. En el estado de Oaxaca, el achiote se produce en la zona mazateca, en los distritos de Cuicatlán, Teotitlán de Flores Magón y Tuxtepec, donde sus pobladores lo procesan de manera artesanal desde hace más de cien años, por lo que es una de sus principales fuentes económicas de sustento (Rivera-Santiago, 2000a). En visitas de campo al sitio de trabajo se observó que el pigmento se obtiene en forma de pasta en cuatro procesos: cosecha del fruto, extracción de sus semillas, desprendimiento del pigmento de las semillas y obtención de la pasta, los cuales se realizan de forma manual, con herramientas y utensilios rudimentarios. Este trabajo resulta agotador y con rendimientos bajos, por lo que para innovar sus procesos y aumentar sus rendimientos, primeramente se diseñó y construyó un prototipo para realizar la función de trillado del fruto seco, para luego diseñar un prototipo que lleve a cabo la función de limpieza, separando de la semilla los fragmentos de corteza provenientes del trillado. Esta función se logró al considerar la diferencia entre la densidad de la corteza del fruto seco respecto a la de la semilla. A través de un ducto con una pendiente de 60° respecto a la horizontal, se generó un caudal de aire producido por un ventilador, que a contraflujo del material a limpiar transporta los fragmentos de corteza y polvo hacia un depósito sin llevarse las semillas, las cuales caen por gravedad a otro compartimento sin sufrir daño.

Palabras clave: semillas de achiote, separación de corteza y granos, diferencia de densidades.

ABSTRACT

The global trend in the use of natural dyes has increased, one of these is the achiote (*Bixa Orellana*), whose outer surface contains bixin and norbixin pigments which are used for food coloring. Achiote is produced in the Mazatec area in the districts of Cuicatlán, Teotitlán de Flores Magón and Tuxtepec in Oaxaca state, where inhabitants have processed achiote for more than 100 years. Achiote is one of its main economic livelihoods (Rivera-Santiago, 2000a). During visits to the job site, it was observed that the pigment was obtained in the form of paste from four processes: fruit harvest, seed extraction, seed pigment extraction and pulping. These processes are manually performed with rudimentary tools and utensils. This exhausting work yields low revenues, so to innovate these processes and to increase yield, a prototype function was designed and built for nut threshing, followed by a prototype function for cleaning and separating bark fragments from seed. This last function was built based on the difference between bark and seed density using air flow provided by a fan; this flow is directed through a duct with a slope of 60° from the horizontal and a counter-current flow of material to be cleaned. Air carries bark fragments and dust to a reservoir without the seeds, which fall unharmed by gravity into another compartment.

Key words: achiote seeds, bark and separation of grains, density difference.

INTRODUCCIÓN

El achiote (*Bixa orellana*) es posiblemente una especie oriunda de la región de Acre, al suroeste de la Amazonia. Se cree que fue domesticada a partir de *Bixa excelsa*, un árbol silvestre de la misma familia (*Bixaceae*) que crece en los bosques tropicales de Sudamérica. El achiote, ourucú, como se le conoce en Brasil, se cuenta entre una de las primeras plantas domesticadas por los indios de esa región, probablemente con fines ceremoniales. Es una planta cultivada, perenne, que mide entre 3 y 10 m de altura (Pérez-Becerra, 2003a). A pesar del tamaño que puede alcanzar la planta, casi no se le deja crecer por arriba de 1.5 m; se le poda continuamente, en forma de copa, a fin de captar la mayor parte de energía solar y así aumentar su producción. Se trata de un cultivo que puede ser rentable unos 18 años (Rosete, 2000a).

Sus hojas son simples, grandes, de forma acorazonada y dispuestas de manera alterna, con bordes lisos y largos pecíolos; sus flores son hermafroditas y están dispuestas en ramilletes terminales, de colores blanco a rosado, según las variedades. El fruto es una cápsula ovoide u ovoide-globosa, pardo-rojiza, que mide de 2 a 5 centímetros de diámetro, y puede tener espínulas sedosas (escasas o abundantes) o carecer de ellas. Puede ser de color naranja, verde, amarillo, rojo o poseer diferentes tonalidades entre éstos. En su interior se encuentran de 10 a 50 semillas rojas, casi triangulares y pequeñas, rodeadas con una sustancia viscosa de color rojo vivo que contiene la bixina.

El achiote prospera en zonas tropicales y se adapta a distintos tipos de clima y suelos. Crece en altitudes desde 100 hasta 1,000 msnm, aunque prospera mejor en zonas relativamente bajas (100 a 500 msnm) y planas. Soporta temperaturas desde 24 hasta 35° C, sin heladas, y precipitaciones anuales de 1,000 a 1,200 mm. Es posible reproducirlo por semillas, estacas o injertos.

Los arbustos de achiote comienzan su producción comercial entre los tres y cuatro años de edad. En promedio, una plantación resulta redituable por un periodo de doce años, aunque varía de acuerdo con las condiciones del suelo, el clima y el manejo. La cosecha de los frutos se realiza de manera manual, para luego extraer las semillas, que regularmente se secan al sol durante tres a cuatro días. El rendimiento promedio de una plantación depende de ciertas variables, pero en promedio se obtienen 1,000 kg/ha

de frutos secos, o hasta 2,000 en condiciones óptimas. La semilla representa entre 50 y 60% del peso total, es decir, en promedio se obtienen de 500 a 600 kg de semilla por hectárea. El color rojo del achiote o annatto se debe a varios compuestos carotenoides, principalmente apocarotenos, que se encuentran en la semilla, de los cuales la bixina es el más cotizado e importante. La bixina es una sustancia cristalina de color rojo oscuro, soluble en alcohol, aceites y grasas e insoluble en agua. En la semilla también se encuentran pequeñas cantidades de isobixina y norbixina; esta última, de color amarillo, soluble en agua, pero insoluble en grasas (Pérez-Becerra, 2003b).

Por ser una planta muy rústica, el achiote fácilmente se desarrolla en parcelas de traspatio, de las cuales se obtienen beneficios secundarios (Rosete, 2000). Cerca del 60% del achiote que se comercializa en México es como semilla seca, de la cual se elabora pasta para condimento.

La semilla seca obtenida del fruto del achiote constituye uno de los principales productos de consumo en el mercado de las especias, colorantes y alimentación avícola. Los rendimientos de semilla seca que se obtengan por hectárea son la base de los beneficios económicos que los agricultores pueden esperar; la estimación de los rendimientos varía de un autor a otro, aunque coinciden en que el primero y segundo año de cosecha son los más bajos, y en el cuarto o quinto año se estabiliza el nivel óptimo de producción, a partir de los cuales se pueden esperar de 4.5 a 5 kg de semilla seca por árbol en un año. Según el número de árboles/ha y otros factores que pueden afectar el rendimiento, un productor puede obtener de 350 a 700 kg de semilla. Otros rendimientos reportados son: India 600 kg/ha, Colombia 200 kg/ha, y además se han obtenido rendimientos individuales de 4.5 a 9 kg de semilla seca en árboles de cuatro años, de clones seleccionados, lo cual puede considerarse un ideal de producción (Rosete, 2000).

Actualmente, este colorante es de gran interés comercial debido a que se puede emplear en la industria alimentaria, farmacéutica y en la de cosméticos, tanto en el mercado nacional como en el internacional. Éste es conocido como annatto, que es la denominación dada al extracto crudo, mientras que la bixina es la parte del colorante liposoluble y la norbixina la hidrosoluble. El colorante, que es una masa roja que se unta al tacto, se disuelve poco a poco en agua y alcohol, y éter, lo que da una solución anaranjada. Al disolverse la carnosidad que envuelve a las semillas en agua, queda de residuo el colorante

de color rojo bermejo, de estructura amorfa y fácilmente soluble en alcohol caliente. La fórmula química es $C_{25}H_{30}O_4$. La bixina es un apocarotenoide y tiene sabor insípido, por lo que es adecuado para dar color a las comidas, arroz, margarinas, quesos y bebidas en general (Ávalos, 2013). En Estados Unidos de América y Europa, el achiote se ha utilizado por más de cien años en el coloreado de quesos y embutidos. Investigaciones por más de treinta años han probado su seguridad para su aplicación en alimentos y cosméticos, lo que ha incrementado su consumo ante la clara tendencia al no consumo de colorantes artificiales (Rosete, 2000).

La producción anual mundial de las semillas de achiote es aproximadamente de 14,500 toneladas (peso seco). Dos terceras partes se comercializan como semillas secas y el resto como pigmento. Latinoamérica produce 60% del total de la producción mundial, seguida por África (27%) y Asia (12%). Entre los principales productores en Latinoamérica se encuentran Perú, Brasil y México.

Valga recordar que el achiote de importación, principalmente el peruano, se ha cotizado en los últimos años entre 2,750 y 3,100 dólares la tonelada, según su calidad. Como referencia, en diciembre de 1994 la importación de una tonelada de achiote costaba alrededor de los 10,000 pesos mexicanos, y para enero de 1997 ya había subido a unos 23,000 pesos. En otras palabras, el precio en moneda nacional aumentó 130% en sólo dos años, sin variación alguna en el precio internacional (Ávalos, 2013).

Según Rivera-Santiago (2000), el achiote (*Bixa orellana*) se produce en el estado de Oaxaca, en el Istmo de Tehuantepec, y en la región de La Cañada, específicamente en la zona mazateca, donde se comercializa como semilla, en un mercado local y regional, en 15 pesos/kg, o como pasta en 300 pesos/kg. Los pobladores de esta zona, que abarca los distritos de Cuicatlán, Teotitlán de Flores Magón y Tuxtepec, procesan el achiote desde hace más de cien años y son potencialmente altos productores de esta semilla; alternan sus actividades agrícolas en buena parte del año, para dedicarse a la cosecha de la semilla, con la obtención de pigmento, lo cual realizan de manera artesanal y en familia.

Se observó que el pigmento se obtiene en forma de pasta por medio de cuatro procesos: la cosecha del fruto, la extracción de sus semillas, el desprendimiento del pigmento de las semillas y la obtención de la pasta. Todos los procesos se realizan de forma manual, con herramientas y utensilios rudimentarios,

mediante procedimientos heredados por generaciones, que resultan agotadores para los campesinos y con rendimientos bajos. A partir de esta realidad, en este trabajo se propone innovar el proceso para la extracción de semillas de achiote con el diseño y construcción de una máquina que disminuya los tiempos y evite pérdidas en la separación de la semilla de la cáscara, de tal manera que aumenten los rendimientos y, por consiguiente, los beneficios económicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En visitas de campo se observó que una vez que el fruto de achiote ha alcanzado su desarrollo en el árbol, éste es cosechado por el campesino desprendiendo los racimos en forma manual para posteriormente tenderlo sobre un petate y exponerlo a los rayos del sol hasta que el color del fruto cambia de verde a café oscuro, momento en que la humedad ha disminuido al máximo. Después, por medio de una madera en forma de mazo pequeño, se golpea al conjunto de frutos hasta romperlos y extraer las semillas, con estos golpes a la vez que se desprende la cascara también se desprende el pigmento a las semillas, significando una pérdida hasta de 60%. En esta operación las semillas están revueltas con los pedazos de la cáscara fraccionada, y para efectuar la separación se deja caer este producto, en forma vertical desde una altura determinada, y de este modo las fracciones de cáscara sean arrastradas por el viento. Con esta presentación la semilla está lista para su comercialización o para su procesamiento y posterior obtención de la pasta.

Se identifican tres variedades de achiote existentes en la zona: tipos pachón, picudo y pelón. Los frutos varían considerablemente de forma, dos están cubiertos de espinas y uno es de cáscara lisa. Cuando el fruto está deshidratado se vuelve frágil y fácil de fracturarlo por impacto, desgarramiento o corte, favoreciendo la extracción de la semilla y evitando el desprendimiento del pigmento del “hueso”. Se procedió a obtener un promedio de las dimensiones de los frutos y semillas para poder tener una idea de las dimensiones de las partes de la máquina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los principios generales de diseño del sistema de trillado como son: diseño simple, funcional, fácil mantenimiento, versátil, fiabilidad, seguridad,

simplicidad y bajo costo, se propuso un sistema de dos discos, uno fijo y otro móvil, en los cuales están empotrados cuatro conjuntos de martillos rígidos colocados a 90° uno respecto del otro, que al girar describen circunferencias concéntricas (Figura 1).

Se hicieron pruebas de impacto en caída libre, consistiendo en soltar el fruto a: 0.50, 1.00, 1.50 y 2.00 m de altura, y se tomó el tiempo que tarda en llegar al punto de impacto. A una altura $h = 2.00$ m, tanto el picudo como el pachón tuvieron una velocidad de impacto de 6.26 m/s en caída libre, y a esta velocidad se rompió totalmente la estructura del fruto y se liberaron todas las semillas sin tener daño físico.

Cuando el achiote adquiere un color café oscuro, el fruto ya está seco. Es en este momento cuando se recomienda introducirlo a la máquina, ya que en estas condiciones el fruto se vuelve frágil, y al impactarse con los martillos del sistema de trillado se abre totalmente, y las semillas salen expulsadas a gran velocidad; además, al tener el fruto estas características, el pigmento se adhiere al hueso de la semilla, lo que evita que por la fricción se desprenda y produzca pérdidas.

A la salida del sistema de trillado se obtiene una mezcla de semillas, corteza de la cápsula y fragmentos de ramas; esta mezcla tiene que pasar a la siguiente operación que es la limpieza de la semilla, para lo cual se propuso un limpiador de semilla de achiote.

Se procedió a construir un prototipo de limpiador, para ello se consideró el principio de diferencia de densidades entre la corteza y la semilla, lo que favoreció la realización de su función.

La mezcla de semillas y corteza se depositó en la tolva de alimentación, la cual se construyó con lámina de acero inoxidable T-304; dos de las paredes de la tolva están inclinadas con respecto a la horizontal para favorecer el desplazamiento de la mezcla hacia el interior del prototipo: una tiene una pendiente de 55°, la otra tiene una inclinación de 60°; para evitar que la mezcla de semilla y corteza se unan entre sí e interrumpan el flujo hacia el interior, la parte inferior de la tolva tiene un rotor con varillas de 3 mm (Figuras 2 y 3).

Enseguida la mezcla pasa a otra sección del prototipo donde se efectúa la separación de la semilla y la corteza, al ser expuesta a una corriente de aire que proporciona un ventilador axial, con motor de 0.05 Hp y 8.33 m³/min de caudal de aire, que alcanza una velocidad de 0.152 m/s y transporta la corteza a la siguiente sección, al ser menos densa que la semilla, a la vez que permite que la semilla caiga por gravedad a un contenedor, sin sufrir daño (Figuras 4 y 5).

El prototipo limpiador de semilla de achiote puede operar ensamblado al sistema de trilla o bien de manera individual (Figuras 6 y 7).



Figura 1. Sistema de trillado de cápsulas de achiote seco.



Figura 2. Tolva de alimentación.



Figura 3. Dispositivo de agitación.



Figura 4. Zona incidencia del aire sobre la cascara.



Figura 5. Contenedores de corteza y semilla limpia.



Figura 6. Prototipo limpiador ensamblado.



Figura 7. Prototipo limpiador.

CONCLUSIONES

Después de haber realizado las pruebas en campo, se concluyó que el prototipo diseñado y construido realiza satisfactoriamente su función principal al entregar semilla limpia de achiote seco, sin causarle daño físico, además de evitar pérdidas y reducir el tiempo del proceso manual. El prototipo tiene una capacidad de procesamiento de 20 kg/h y puede utilizarse de manera integral como un conjunto trilla-limpieza, o de manera independiente.

LITERATURA CITADA

- ÁVALOS, J. M. (2013). Caracterización morfológica de dos variedades de achiote (*Bixa orellana*) en el municipio de Comalcalco, Tabasco. Tesina de maestría, Colegio de postgraduados.
- PÉREZ, M., Becerra, R. (2003). El achiote. *Biodiversitas*. Vol. núm. 46, pp. 7-11.
- RIVERA, L., Santiago, P. (2000). Producción tradicional del Achiote (*Bixa orellana*) y potencial del cultivo en Oaxaca. *Revista de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, AC*. Vol. VII, núm. 3, pp. 31-33.
- ROSETE, J. C. (2000). Diseño de colector de semillas de achiote para los productores del estado de Tabasco. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional.

Nanopartículas de cobre como promotor del vigor de la germinación en semillas de pepino

Copper nanoparticles as a promoter of germination vigour in cucumber seeds

Esmeralda Jackelin Silverio-Mata^{*1}, Norma Angélica Ruiz-Torres¹, Celestino Flores-López¹, Ileana Vera-Reyes², Ricardo Hugo Lira-Saldívar²

¹Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista. C.P. 25315. Saltillo, Coah., México. ²Laboratorio de Biotecnología, Departamento de Plásticos en la Agricultura del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIOA), Blvd. Enrique Reyna No. 140, Col. San José de los Cerritos, 25294 Saltillo, Coah. Email: jack.medy6@hotmail.com [*Autor responsable].

RESUMEN

En la presente investigación se determinaron los efectos que provoca la aplicación de NPsCu a altas y bajas concentraciones en el proceso de la germinación y vigor de semillas de *Cucumis sativus* que se someten a periodos de 12 y 24 h de imbibición. El experimento se realizó en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTs) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; en éste se utilizaron NPsCu de 25 nm, y se efectuaron pruebas fisiológicas de vigor y germinación estándar bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B, 22 tratamientos de 0 hasta 500 ppm con 12 y 24 h de imbibición, con cuatro repeticiones cada una. Se evaluó: porcentaje de vigor, germinación, plántulas anormales, semilla sin germinar, longitud de vástago y radícula. En este trabajo se encontró que el vigor se vio afectado por el tiempo de imbibición y el incremento de concentraciones; que los tratamientos con bajas concentraciones, a 12 h de imbibición con NPsCu, mantuvieron porcentajes de germinación aceptables, mientras que los de altas concentraciones, en sus dos periodos de imbibición, tuvieron efectos inversamente proporcionales en el vigor y la germinación, además se les detectó fitotoxicidad, que se expresó al incrementar el porcentaje de plántulas anormales y presentar la inhibición del crecimiento de las raíces principales.

Palabras claves: NPsCu, *Cucumis sativus*, germinación, vigor.

ABSTRACT

The effects of NPsCu application at high and low concentrations in the process of germination and vigor of *Cucumis sativus* seeds subjected to periods of 12 and 24 h of imbibition were determined. The experiment was carried out in the Laboratory of Physiology and Biochemistry at the Center for Training and Development in Seed Technology (CCDTs), at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. In this experiment, 25 nm NPsCu were used. Physiological tests for vigor and standard germination were carried out under a completely randomized design with factorial arrangement using 22 treatments from 0 to 500 ppm, 12 and 24 h of imbibition, and 4 repetitions each. The percentage of vigor, germination, abnormal seedlings, ungerminated seed, stem length and radicle were evaluated. It was found that the vigor was affected by the imbibition time and the increase of concentrations, while treatments with low concentrations at 12 h of imbibition with NPsCu maintained acceptable germination percentages, and high concentrations in their two imbibition periods had inversely proportional effects. In addition to the vigor and germination, phytotoxicity was detected, which was expressed by increasing the percentage of abnormal seedlings and by presenting the inhibition of the growth of the main roots.

Key words: NPsCu, *Cucumis sativus*, germination, vigor.

INTRODUCCIÓN

El término nanotecnología (NT) se utilizó por primera vez en 1974 por el japonés Norio Taniguchi, un investigador de la Universidad de Tokio, quien señaló la posibilidad de poder manejar materiales a nivel nanométrico. El prefijo *nano* se refiere a una millonésima (1×10^{-9}), y la palabra nanotecnología a las diferentes estructuras de la materia y su control a escalas de entre 1 y 100 nanómetros (Mejias *et al.*, 2009). La NT involucra el diseño, la caracterización y la aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas complejos mediante el control de la forma, el tamaño y las propiedades de la materia a escala nanométrica (Royal Society, 2004).

El atractivo de la NT está relacionado con el hecho de que a escala nanométrica, las propiedades de la materia cambian, y presentan una superficie más grande que los materiales a macroescala. Esta característica puede hacerlos químicamente más reactivos, lo que afecta su resistencia y propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas (Delgado, 2009). Las NPs metálicas poseen múltiples propiedades físicas, químicas, térmicas, magnéticas y ópticas que se aplican en diversas áreas tecnológicas, incluidos alimentos y productos comunes de uso diario (Trujillo, 2014).

El uso potencial de las NPs dentro de la agricultura radica en que se pueden resolver problemas que con productos a escala normal son muy costosos y no siempre lo hacen eficientemente, como lo harían los productos formulados con NPs (Carrillo y González, 2009); además, estos productos mejoran la capacidad de absorción de los cultivos de los nutrientes del suelo, lo que permite incrementar los rendimientos de las cosechas al aprovechar que las NPs tienen propiedades químicas, estructurales y bioquímicas, que representan una ventaja sobre otros productos formulados con sus homólogos sólidos (Bergeson, 2010; Balinova *et al.*, 2007).

Recientes estudios indican que los nuevos materiales metálicos y/o basados en el carbón afectan a plantas y microorganismos en diferentes formas, tanto en niveles fisiológicos, como bioquímicos, nutricionales y genéticos (Zheng *et al.*, 2005; Dehkourdi *et al.*, 2015; Yao *et al.*, 2009; Khodakovskaya *et al.*, 2009). Sin embargo, en algunas áreas aún no hay suficiente información documentada en lo que respecta a respuestas fisiológicas y fitotóxicas que las NPs metálicas pueden tener en plantas y semillas para algunos géneros específicos, y cómo éstos pueden ayudar a expresar su máximo potencial en la germina-

ción y vigor al ser sometidas a tratamientos con NPs de esta naturaleza. La síntesis de NPs_{Cu} han estado ganando atención debido a su alta disponibilidad, fácil manipulación y por ser un metal semiconductor debido a sus propiedades físicas, químicas, antimicrobianas, así como a su abundancia, no obstante, factores como la aglomeración y la oxidación rápida lo han convertido en un área de investigación difícil, debido a que esto representan limitaciones importantes (Usman *et al.*, 2013).

El cobre es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas (Taiz y Zeiger, 2006), y se sabe que participa en numerosos procesos fisiológicos y que es un cofactor esencial para muchas metaloproteínas, y también proteínas que contienen Cu desempeñan un papel fundamental en procesos tales como: fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y lignificación (Kirkby y Römheld, 2008). A nivel celular, el Cu también juega un papel esencial en la señalización de la transcripción y el transporte de proteínas, fosforilación oxidativa y movilización del hierro (Yruela, 2005), pero también es conocido por ser potencialmente tóxico. Algunos autores resaltan la importancia del Ciclo redox entre Cu^{2+} y Cu^{+} y cómo éste puede catalizar la producción de radicales hidroxilo altamente tóxicos, con daño subsiguiente al ADN, lípidos, proteínas y otras biomoléculas (Halliwell y Gutteridge, 1984), por lo tanto, a altas concentraciones, el Cu puede volverse extremadamente tóxico y causar síntomas como clorosis y necrosis, atrofia, decoloración de las hojas e inhibición del crecimiento de las raíces (Van Assche y Clijsters, 1990).

Sin embargo, su forma nanoparticulada es posible que cuente con otras propiedades químicas aprovechables en amplios ramos de la agricultura. Con tal propósito, el objetivo de la presente investigación es estudiar el potencial de las NPs_{Cu} como promotor del crecimiento, a la vez que establecer las dosis adecuadas para que así suceda, y determinar en qué momento las NPs pueden causar fitotoxicidad; al mismo tiempo se pretende determinar en qué especies de importancia agrícola es preciso su aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTs), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,

Cuadro 1. Descripción de tratamientos con NPsCu aplicados en semillas de *Cucumis s.* mediante imbibición.

Dosis	Concentración (ppm)	Imbibición (h)
Bajas	0, 5, 10, 20, 50 y 100	12
	5, 10, 20, 50 y 100	24
Altas	0, 100, 200, 300, 400 y 500	12
	100, 200, 300, 400 y 500	24

ppm = Partes por millón; h = Horas; conc. = Concentración

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, ubicada a 25° 21' 19" latitud norte y a 101° 01' 48" longitud oeste a una altura de 1 779 msnm. La semilla que se trabajó fue de *Cucumis sativus* L., var. Edisto. Se utilizaron nanopartículas de cobre (NPsCu) de 25 nm de la empresa Skyspring Nanomaterials; se establecieron 22 tratamientos con cuatro repeticiones, cada uno a dos niveles de concentraciones, sometidos a periodos de imbibición de 12 y 24 h (Cuadro 1).

En el laboratorio de biotecnología del Departamento de Plásticos en la Agricultura (CIQA) se elaboraron las soluciones para los diferentes tratamientos, las cuales se realizaron a partir de una solución madre (500 ppm) que se coló, de manera individual, en un tubo falcón cónico (50 ml), para luego disolverla a diferentes concentraciones; después las soluciones se sometieron a un proceso de sonicación ultrasónica en un ultrasonicador *Branson 2510*, durante tres periodos de 20 minutos cada uno.

Se usaron 25 semillas por repetición, que se colocaron en cajas de *Petri* (vidrio, 60 x 15 mm), en las que se adicionaron 30 mL de cada solución. Las cajas se taparon, identificaron y sellaron con papel parafilm y, finalmente, se colocaron en un agitador orbital horizontal tipo shaker a 90 rpm durante periodos de 12 y 24 h.

Una vez transcurrido el tiempo de imbibición, se sembraron 25 semillas entre papel anchor, mismas que se distribuyeron en una hilera horizontal entre dos hojas previamente humedecidas con agua destilada sobre una superficie plana, y se enrollaron en forma de "taco", para luego colocarlas en canastas plásticas, y de forma aleatoria se introdujeron en una cámara germinadora Seedburo, a una temperatura constante de 25° C durante ocho días, y se regaron cada tercer día.

La evaluación del estudio se realizó de acuerdo con la normatividad de la International Seed Testing Association (ISTA, 2009), y se efectuó la valoración de las siguientes variables:

- **Porcentaje de plántulas normales (PN).** Éste se tomó como indicativo del vigor de la germinación, y considera que las plántulas presenten todas sus estructuras esenciales: raíces, tallo, cotiledones, yemas terminales completas y sanas, lo que indica un desarrollo satisfactorio de la nueva planta. Se evaluaron al cuarto día después de la siembra.
- **Porcentaje de germinación (GERM).** Total de plántulas normales al octavo día después de la siembra.
- **Longitud de vástago (LV) y longitud de radícula (LR).** Para la evaluación de estas variables se tomaron las mediciones en centímetros al octavo día después de la siembra; se consideraron todas las plántulas normales de las cuatro repeticiones de cada tratamiento.
- **Plántulas anormales (PA).** Se refiere a las que presentan algunas de sus estructuras con daños irreparables, con un desarrollo inadecuado o deformaciones, por lo que no muestran potencial de desarrollo.
- **Semillas sin germinar (SSG).** Semillas que no germinaron o iniciaron el proceso sin concluir todas las etapas de la germinación.

Con la información que se obtuvo del análisis fisiológico, se efectuó un análisis de varianza y una prueba de comparación de Medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) y se analizaron con el paquete estadístico del programa SAS, versión 9.0.

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables fisiológicas evaluadas en semillas de *C. sativus* tratadas con NPsCu a dosis altas y bajas durante diferentes periodos de imbibición (12 y 24 h).

FV	GL	VIG [%]	GERM [%]	PA [%]	SSG [%]	LR [cm]	LV [cm]
Tiempo	1	2904*	416 ns	486 ns	6 ns	2038**	16 ns
Dosis	1	53016**	79350**	71722**	170**	0.69 ns	913**
Dosis de tiempo	1	130 ns	1014 ns	1232 ns	24 ns	1308**	71*
Error		697	811	787	9.5	31.7	9.1
C.V. [%]		50.1	44.4	83.3	138	38.1	34

*, ** = Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente; FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CV = Coeficiente de variación; VIG = Vigor; GERM = Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LV = Longitud de vástago; LR = Longitud de radícula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, la aplicación de dosis bajas y altas de NPsCu provocó diferencias en las variables vigor (%), mostró diferencias en la FV tiempo y dosis, y respecto a la variable germinación (%) se encontraron diferencias en la FV dosis; para la variable plántulas anormales, las diferencias se encontraron en las FV dosis ($P < 0.01$); en cuanto a la variable longitud de vástago, sólo hubo diferencias en la FV dosis y dosis por tiempo y, finalmente, para la variable LR las diferencias se presentaron en las FV tiempo, dosis por tiempo ($P < 0.01$) (Cuadro 2).

De acuerdo con la comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), para la variable vigor se observó que ningún tratamiento superó al control (Figura 1A); sin embargo, en la FV el tiempo a 12 h de imbibición superó 11% al porcentaje obtenido a 24 h, y a altas dosis de NPsCu el vigor disminuyó hasta 47% (Figura 2), por lo que se determinó que conforme se incrementa la concentración y al duplicar el tiempo de imbibición, el vigor de semillas de *C. melo* se afecta negativamente. Partiendo del hecho de que el vigor es aquella propiedad de las semillas que determina su potencial para una emergencia rápida y uniforme, y de que los efectos del nivel de vigor pueden persistir para influir en el crecimiento de las plantas maduras, y en la uniformidad y rendimiento del cultivo, se utilizó un amplio orden de métodos para caracterizar y determinar el vigor de las semillas.

En lo que respecta a la variable germinación, se observó que todos los tratamientos a concentraciones bajas resultaron favorables, ya que presentaron porcentajes aceptables cercanos al control (Figura 1B), por lo que es posible mejorar la germinación a dosis bajas por tiempos de imbibición cortos (Figura 2); por otro lado, los tratamientos en dosis altas mostraron que el porcentaje de germinación es inversamente proporcional a las concentraciones, es decir, que entre más altas sean las dosis de NPsCu, el porcentaje de germinación disminuye (Figura 1B).

En plántulas anormales, los porcentajes aumentan de forma exponencial dentro de los tratamientos en altas dosis de NPsCu (Figura 1C), lo que indica que la plántula mostró una respuesta por toxicidad, de manera que a 500 ppm las anormalidades aumentaron a 97%, lo que significa que niveles de altas concentraciones y tiempos prolongados de imbibición aumentan la toxicidad y, por ende, una respuesta morfológica (anormalidades); al evaluar la variable LR en ambos tiempos de imbibición, se comprobó la inhibición del desarrollo de raíces primarias bajo efecto de tratamientos con altas concentraciones; sin embargo, a concentraciones de 50 y 100 ppm la LR aumentó 1.8 respecto al control (Figura 3B). Finalmente, para la variable LV, los mejores tratamientos fueron 10 y 50 ppm al aumentar 6 y 4 cm respecto al control. Lo anterior nos indica que la respuesta de las semillas de *C. sativus* no es independiente del tiempo de imbibición y del nivel de concentración aplicado (Figura 3A).

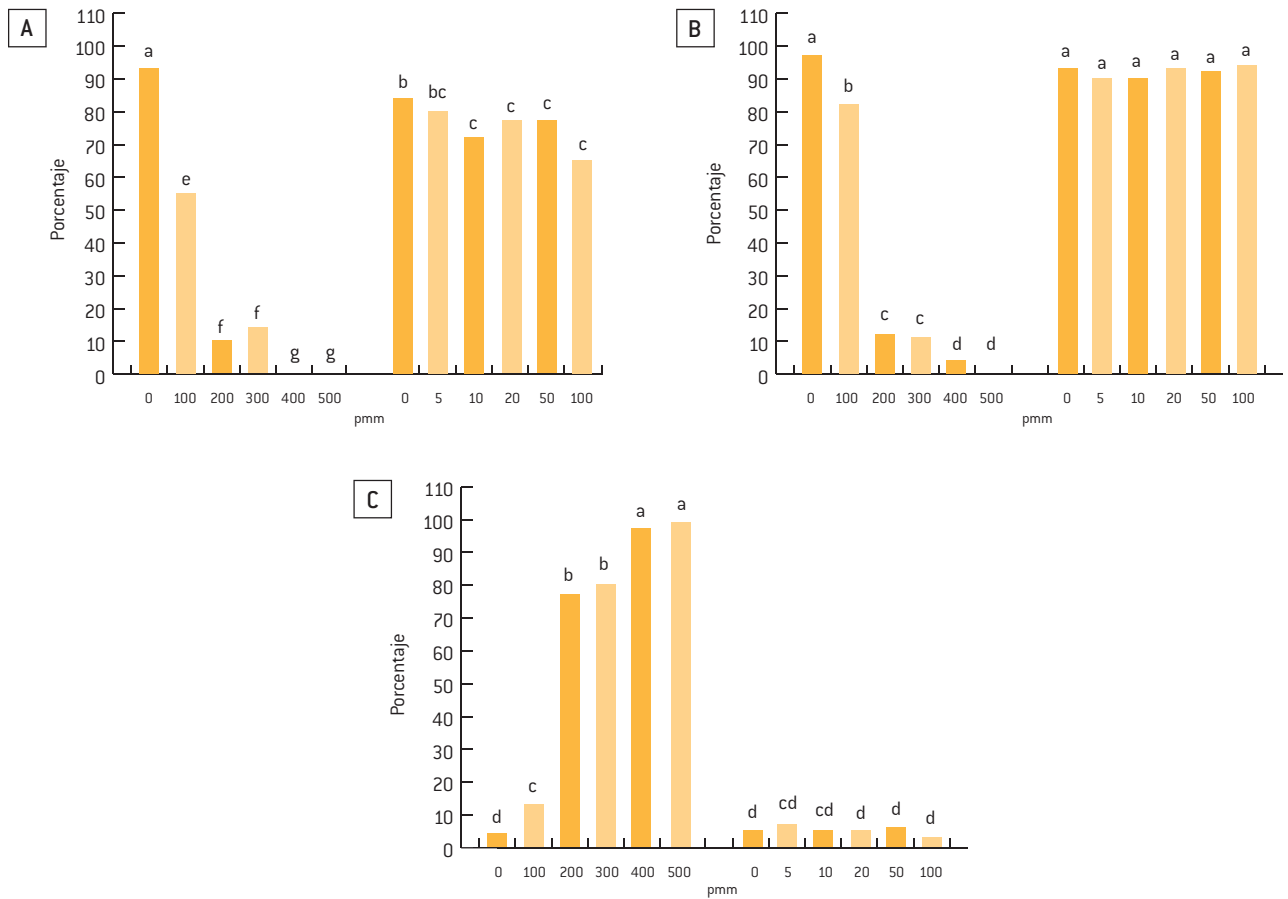


Figura 1. Diferentes concentraciones de NPsCu aplicadas a semillas de *C. sativus* y su efecto en el vigor (A), la germinación (B) y porcentaje de plántulas anormales (C). Las barras en cada gráfico señalan valores promedio para cada variable, y literales diferentes sobre cada barra indican diferencias significativas según una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

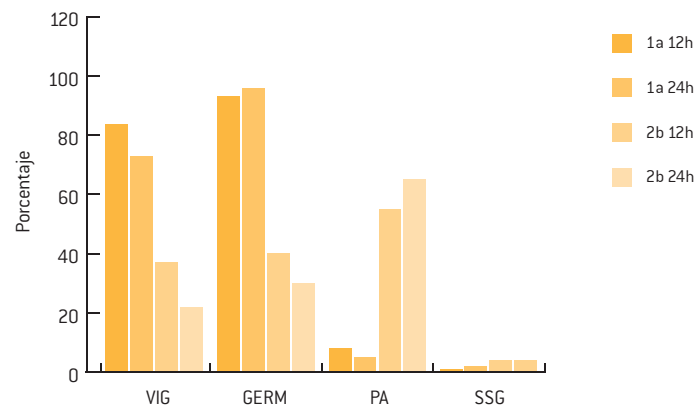


Figura 2. Efecto de dos dosis de NPsCu aplicadas en semillas de *C. sativus*: bajas concentraciones a 12 h (1a 12 h), y 24 h de imbibición (1a 24 h); y altas concentraciones a 12 h (2b 12 h) y 24 h (2b 24 h) de imbibición.

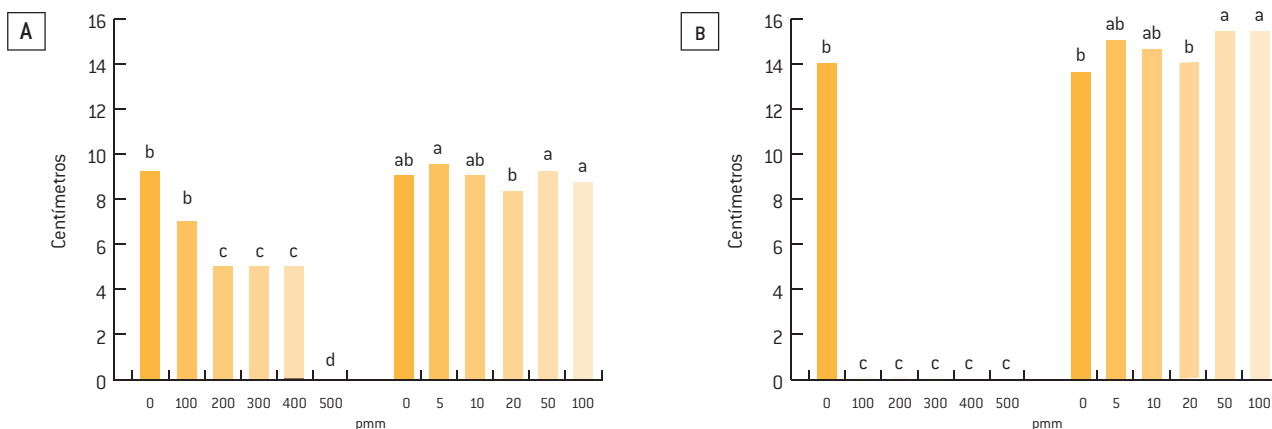


Figura 3. Diferentes concentraciones de NPsCu aplicadas a semillas de *C. sativus* y su efecto en la longitud de vástago [A] y longitud de radícula [B]. Las barras en cada gráfico señalan valores promedio para cada variable, y literales diferentes sobre cada barra indican diferencias significativas según una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados anteriormente descritos demostraron que las NPsCu a bajas concentraciones sólo promueven el vigor si las semillas pasan por periodos cortos de imbibición, y que a medida que aumentan las concentraciones, el vigor se ve afectado de forma progresiva; sin embargo, los porcentajes de germinación y longitud de vástago se mantienen constantes respecto al control, mientras que la LR se afecta conforme el tiempo de imbibición y la aplicación de altas concentraciones de NPsCu. Es posible que el cobre no afecte significativamente el porcentaje de germinación y la longitud de vástago a dosis bajas, debido a que la planta requiere mínimas cantidades de este elemento; sin embargo, aunque el cobre es un micronutriente y participa en numerosos procesos fisiológicos, y además es un cofactor esencial para muchas metaloproteínas, surgen problemas cuando el exceso de cobre está presente en las células, y se expresa con la inhibición del crecimiento de plantas, principalmente de raíces, y además deteriora importantes procesos celulares.

También es preciso considerar el hecho que el cobre es un elemento de fácil aglomeración y tiende a tener poca movilidad dentro de la planta. Los hallazgos encontrados en el presente estudio son similares a los reportados por Liu *et al.* (2016), quienes desarrollaron estudios para determinar si las NPs pueden asimilarse por las plantas o producir respuestas de fitotoxicidad, además de evaluar CuO, iones de Cu y NPsCu a concentraciones basadas en los siguientes requerimientos nutritivos: 0, 0.02, 0.04, 0.4, 4 y 8 ppm, y sus efectos en semillas de *Lactuca sativa* L.,

y determinaron que las CuO son ligeramente más tóxicas que los iones de Cu, en tanto que las NPsCu no suprimieron significativamente el porcentaje de germinación en concentraciones de 0.02 a 8 ppm, pero redujeron la longitud de la raíz en todas estas concentraciones, lo que indica una toxicidad directa de las NPCu sobre la lechuga.

Otros investigadores coinciden con estos resultados como Stampoulis *et al.* (2009), quienes al evaluar NPsCu y su contraparte a granel (polvo) (1000 mg L⁻¹) y su efecto en la germinación, elongación de raíz y biomasa en semillas de *Cucurbita pepo*, observaron que ninguno de los tratamientos afectó la germinación, pero NPsCu presentaron una reducción considerable (77%) de la longitud de raíces y, por ende, una reducción de biomasa de 90% respecto al control. De forma similar, Lee *et al.* (2008), también demostraron que NPsCu a concentraciones de <200 mg L⁻¹ afectan el crecimiento (reducción) de plántulas de *Phaseolus radiatus* y *Triticum aestivum*, y a 800 mg L⁻¹ se encontró que la reducción de la longitud se presentó principalmente en las raíces, con lo que se concluyó que la longitud de plántulas se relaciona negativamente con las concentración de exposición, y que la raíz es la parte más sensible a la toxicidad, debido a que la absorción de NPs ocurre durante la absorción de humedad y absorción de nutrientes. Con ello coinciden Yasmeeen *et al.* (2015), que comprobaron el efecto inhibitorio de NPsCu adicionadas mediante tres métodos a semillas de *Triticum aestivum* L., con lo que concluyeron que éstas NPs no son buenas candidatas como promotores del crecimiento.

CONCLUSIONES

Las NPsCu a bajas concentraciones sólo promueven el vigor si las semillas pasan por periodos cortos de imbibición, y lo afectan negativamente si aumentan las concentraciones y duplican el tiempo de imbibición, aunque es posible mantener porcentajes aceptables de germinación si se aplica NPsCu a concentraciones bajas (0- 100 ppm), durante periodos cortos de imbibición.

La aplicación de altas concentraciones de NPs de cobre provocan toxicidad, la cual se expresó en la longitud de radícula, que se vio afectada en ambos periodos de imbibición.

La información obtenida permite establecer que bajas concentraciones pueden resultar mejores como nanofertilizantes y promotores de crecimiento, y los resultados a altas concentraciones podrían aprovecharse para la formulación de herbicidas sistémicos o de contacto para especies de malezas específicas, como la *Cucurbita foetidissima* K., sin descartar un estudio previo de acumulación y toxicidad por NPsCu en el suelo y su residualidad en el ambiente.

Se sugiere estudiar el efecto de NPsCu a bajas concentraciones, durante periodos de 8 y 12 h de imbibición, para así determinar un rango más específico en cuanto a tiempos favorables que permitan niveles óptimos de germinación y vigor. También es preciso un estudio bioquímico para relacionar la toxicidad provocada, a nivel morfológico, con la posible producción de ERO, y cuantificar el sistema antioxidante de defensa enzimático, de tal manera que se amplíe el panorama en cuanto la participación de las NPs en el estrés oxidativo de las plantas.

LITERATURA CITADA

BALINOVA, A.; Mladenova, R.; Shtereva D. 2007. Solid-phase extraction on sorbents of different retention mechanisms followed by determination by gas chromatography-mass spectrometric and gas chromatography-electron capture detection of pesticide residues in crops. *Journal of Chromatography A*. 1150(1), 136-144.

BERGESON, L. L. 2010. Nanosilver: US EPA's pesticide office considers how best to proceed. *Environmental Quality Management*, 19(3) pp. 79-85.

CARRILLO G. R., M. D. C. A. González. 2009. La nanotecnología en la agricultura y rehabilitación de suelos contaminados. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, 2(2).

DEHKOURDI, E. H.; Chehraz, M.; Hosseini, H.; Hosseini, M. 2014. The effect of anatase nanoparticles (TiO₂) on pepper seed germination (*Capsicum annum* L.). *International Journal of Biosciences (IJB)*. 4(5). pp. 141-145.

DELGADO, G. 2009. Nanotecnología y producción de alimentos: Impactos económicos, sociales y ambientales. *Estudios Sociales* 17(34): 186-205.

HALLIWELL, B. y Gutteridge, J. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochemical journal*, 219(1), 1.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. ISTA. 2009. *International Rules for Seed Testing. Chapter 5: The germination test*. ISTA. Bassersdorf, Switzerland.

KHODAKOVSKAYA, M., E. Dervishi, M. Mahmood, Y. Xu, Z. Li, F. Watanabe, A.S. Biris. 2009. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. *ACS nano*, 3(10). pp. 3221-3227.

KIRBY, E. y Römheld, V. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*, (68). pp. 1-3.

LEE, W. M.; An, Y. J.; Yoon, H.; Kweon, H. S. 2008. Toxicity and bioavailability of copper nanoparticles to the terrestrial plants mung bean (*Phaseolus radiatus*) and wheat (*Triticum aestivum*): plant agar test for water-insoluble nanoparticles. *Environmental toxicology and chemistry*. 27(9). pp. 1915-1921.

LIU, R. y Zhang, H. R. 2016. Effects of stabilized nanoparticles of copper, zinc, manganese, and iron oxides in low concentrations on lettuce (*Lactuca sativa*) seed germination: nanotoxicants or nanonutrients? *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(1). pp. 42.

MEJIAS S. Y.; Cruz, C. N.; Fernández, A. M. T.; Machado. O. J. D. 2009. La nanotecnología y sus posibilidades de aplicación en el campo científico-tecnológico. *Revista Cubana de Salud Pública*, 35(3).

ROYAL SOCIETY, UK. (2004) *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. National Academy of Science and the Royal Academy on Engineering.

STAMPOULIS, D.; Sinha, S. K.; White. J. C. 2009. Assay-dependent phytotoxicity of nanoparticles to plants. *Environmental Science & Technology*, 43(24), 9473-9479.

TAIZ, L. y E. Zeiger, 2006. *Fisiología vegetal*. Vol. 10. Universitat Jaume I.

USMAN, M. S., M. E Zowalaty, K. Shamel, N. Zainuddin, M., Salama, N. A. Ibrahim. 2013. Synthesis, characterization, and antimicrobial properties of copper nanoparticles. *International journal of nanomedicine*, 8, 4467.

TRUJILLO R. J.; Majumdar, S., C. E. Botez, V. J. R Peralta.; Gardea T. J. L. (2014). Exposure studies of core-shell Fe/Fe₃O₄ and Cu/CuO NPs to lettuce (*Lactuca sativa*)

- plants: Are they a potential physiological and nutritional hazard? *Journal of hazardous materials*, 267, 255-263.
- VAN A. F. y H. Clijsters. 1990. Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, cell and environment*, 13(3), 195-206.
- YAO, K.S., S.J. Li, K.C. Tzeng, T.C. Cheng, C.Y. Chang, C.Y. Chiu, C.Y. Liao, J.J. Hsu, Z.P. Lin. 2009. Fluorescence silica nanoprobe as a biomarker for rapid detection of plant pathogens. *Advanced Materials Research. Trans Tech Publications*. Vol. 79. pp. 513-516.
- YASMEEN, F.; Razzaq A., M. N.; Jhanzab H. M. 2015. Effect of silver, copper and iron nanoparticles on wheat germination. *International Journal of Biosciences*, vol. 6(4), 112-117.
- YRUELA, I. (2005). Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 145-156.
- ZHENG L.; Hong F.; Lu S.; Liu C. 2005. Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. *Biological Trace Element Research* 105, 83-91.

Bioensayos para la evaluación de metodologías y determinación de periodos precisos de osmoacondicionamiento en semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común, bajo condiciones de laboratorio

Bioassays for the evaluation of methodologies and determination of precise periods of osmoconditioning in seeds of Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. common, under laboratory conditions

Derly Guillermo Rodríguez-Cantú^{*1}, Antonio Valdés-Oyervides², Federico Facio-Parra², Ramón F. García-Castillo³, Leopoldo Arce-González⁴

¹Estudiante de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. ²Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, ³Departamento de Fitomejoramiento, ⁴Departamento de Nutrición Animal y ⁴Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315. Saltillo, Coahuila, México. Email: der_nl86@hotmail.com (*Autor responsable)

RESUMEN

El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de análisis de semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de desarrollar tecnologías para la eliminación de latencia y los efectos del osmoacondicionamiento en semilla de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) var. común, y demostrar la factibilidad de su implementación en la eliminación de la latencia de las semillas que causan los flósculos constituidos por la lemma y palea. Los tratamientos aplicados para encontrar los periodos precisos para el osmoacondicionamiento fueron: polietilenglicol 8000, KNO₃ y KCl, a diferentes concentraciones para el potencial osmótico específico: -.5, -1 y -1.5 atm, hidroacondicionamiento y el control (ambos con agua destilada); la viabilidad de las semillas fue inicialmente probada después de evaluar tres diferentes metodologías. Para definir el momento preciso para detener la inmersión en cada tratamiento particular, se observó día y noche, con una videocámara, la emergencia de la radícula, para así determinar la homogeneidad de la germinación fisiológica; en este tratamiento perecieron 35% de las semillas por falta de oxigenación. El segundo acercamiento consistió en incrementar la presión del aire y permitir el movimiento libre en vasos de precipitados; la viabilidad no se perdió tan radicalmente, aunque no se logró la germinación fisiológica

ABSTRACT

This work took place at the seed analysis laboratory of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, located in Saltillo, Coahuila, México. The purpose of this study was to develop technologies for the elimination of dormancy and the effects of osmopriming on common Buffel-grass seeds (*Cenchrus ciliaris* L.). A methodology was developed based on a series of osmopriming seed treatments, with the purpose of demonstrating its practicability to eliminate seed dormancy caused by seed's florets, lemma and palea. Treatments were applied to find the precise periods of osmopriming: polyethylene glycol 8000, KNO₃ and KCl at different concentrations for the specific osmotic potential of solution [-.5, -1, -1.5, atm] hydropriming, and a control solution, (both with distilled water). Seed viability was first tested after trying three methodologies. To define the exact time to stop immersion in each treatment, radicle emergence was observed, day and night, using a video camera to determine the physiological germination homogeneity of seeds. Thirty-five percent of treated seeds died by lack of oxygen with this method. The second approach consisted in increasing air pressure and permitting free movement of seeds in beakers; viability did not decrease so radically, but there was still not uniform physiological germination. The third methodology applied, was based on ISTA's

uniforme. La tercera metodología aplicada, se basó en las recomendaciones del ISTA de precalentar a 40° C, antes de osmocondicionar, en la que la presión de aire se mantuvo estable y las semillas libres de movimiento, a la vez que la temperatura se mantuvo estable (25° C). En este experimento se determinó que la metodología "C" es la óptima para los tratamientos de OSMA con semillas de *Cenchrus ciliaris*, L., var. común, ya que se obtuvieron semillas con alta viabilidad después de someterlas a esta metodología. Según los resultados de este bioensayo, los tratamientos para los cuales se logró la G16 más rápidamente fueron: el T1, T5 y T10, mas no se asegura que sean los tratamientos más efectivos para realizar OSMA, pues para conocer eso sería preciso un estudio posterior en el que se evalúe la calidad fisiológica de las semillas tratadas mediante estos procesos. No obstante, el resultado de SG permite el planteamiento hipotético de que los tratamientos T1 y T3 puedan lograr excelentes resultados de germinación agronómica. Cabe mencionar que los resultados son de gran utilidad para esos estudios posteriores, gracias a que ahora se conocen los periodos precisos de OSMA para cada tratamiento, sin tener pérdidas por semillas germinadas.

Palabras clave: latencia, osmocondicionamiento, semilla.

recommendations to pre-heat at 40° C before osmopriming. Stable air pressure, free movement of seeds, and constant temperature (25° C) were also applied. It was determined that the last methodology was the optimal for implementation in osmopriming treatments with seeds of common *Cenchrus ciliaris*, L., yielding seeds with higher viability. According to the results of this bioassay, treatments achieving G16 in less time were T1, T5 and T10, though, this does not guarantee OSMA's most effective treatment. A further study should be needed, where the physiological quality of treated seeds by these treatments is evaluated. However, the result from SG, allows the hypothetical approach that T1 and T3 can achieve excellent results of agronomic germination. It is noteworthy that the results from this work are useful for these subsequent studies because they yield the precise periods of osmopriming for each treatment, without losing sprout seeds.

Keywords: dormancy, osmopriming, seed.

INTRODUCCIÓN

El estado de dormición, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. En particular, en las semillas de gramíneas forrajeras se utiliza la palabra latencia, que proviene del latín *latensis* y significa oculto, escondido o aparentemente inactivo, para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar.

La latencia se establece durante la formación de la semilla y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe su germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para su desarrollo (Varela y Arana, 2011).

Los mismos autores también señalan que es importante destacar que existe un amplio rango de intensidades de latencia: el absoluto, en el cual la germinación no se produce en ninguna condición, el intermedio, en el que las semillas pueden germinar en condiciones ambientales estrechas (por ejemplo, cuando se incuban a cierta temperatura) y el extremo,

donde no hay latencia y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales.

También destacan que la intensidad de la latencia se encuentra influenciada por varios factores ambientales: la temperatura, la humedad y el gaseoso, y a medida que el grado de latencia disminuye se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación. Para vencer la latencia se han utilizado una gran cantidad de tratamientos, tales como: inmersión en ácido sulfúrico, inmersión en agua caliente y en temperaturas alternas, y en almacenamiento, entre otros.

En la semilla de los zacates se tiene poca información de este fenómeno, por lo que se consideró pertinente realizar el presente trabajo de investigación, para así evaluar diferentes metodologías para el osmocondicionamiento de semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común; para realizar esta investigación, previamente se llevaron a cabo una serie de bioensayos de calidad de semillas, con el propósito de encontrar la metodología con mayor efectividad para detectar la viabilidad de las semillas, a la vez que para encontrar los periodos precisos para el osmocondicionamiento con tres productos químicos: nitrato de potasio (KNO₃), cloruro de potasio (KCl) y polietilén glicol (PEG-8000), a diferentes potenciales osmóticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada a 25° 22' LN y 10° 00' de LO, con una altitud de 1,742 msnm, durante los años 2014-2015.

En este trabajo se trató de encontrar la metodología que menos interfiriera con la viabilidad de las semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común, de cosecha reciente, osmoacondicionadas; es decir, que durante el proceso de osmoacondicionamiento, éstas no se perdieran por ahogamiento u otro problema asociado con el particular diseño de la metodología; para tal efecto se utilizaron soluciones salinas (KNO₃ y KCl) y Polyethylene glycol 8000, a diferentes potenciales osmóticos (-.5, -1, -1.5, -2.5, -5, -7.5 atm) y de hidroacondicionamiento.

Para llevar a cabo este trabajo se desarrollaron tres metodologías tendientes a definir el momento preciso para detener la inmersión en cada tratamiento.

Metodología "A"

Con esta metodología se intentó, a la vez que obtener la más alta viabilidad de las semillas, tener el control sobre su emergencia homogénea, para lo cual se montó el experimento con un *software* controlado por una computadora para observar la emergencia de la radícula de las semillas en tiempo real durante la noche, de manera que se tuviera el dato del momento exacto del desarrollo de este tejido y así conocer los periodos precisos para el osmoacondicionamiento.

Para esta metodología se usaron recipientes metálicos de 500 mL y cajas Petri de 100 mm, perforadas con orificios de 2 mm alrededor de la caja para permitir el flujo de oxígeno al interior del recipiente, en el cual se encontraba sumergida una manguera de 8 mm de diámetro, por un orificio de la misma medida sobre una parte lateral de la caja Petri. Para oxigenar las semillas se utilizó un sistema de aireación similar al propuesto por Welbaum *et al.* (1998), en el que se utilizó una bomba tipo "pecera", manguera de 8 mm de diámetro y microtubos conectados uno a cada frasco. La inyección de aire fue controlada por medio de válvulas de plástico para el control de flujo de aire, para lo cual, durante el experimento, se manejó la presión mínima (10° de apertura de la válvula, aproximadamente). La profundidad de la caja Petri fue de 3 cm dentro del recipiente de 10 cm, de manera que el agua destilada sólo cubría ligeramente a las semillas. Las semillas se colocaron en una cinta adherente por las dos

caras, con el ápice de las brácteas apuntando en una sola dirección, dispuestas en cuatro divisiones de forma circular y en dos filas, lo que completó 25 semillas por división.

Metodología "B"

Para esta metodología las semillas se dejaron en libre movimiento dentro de frascos de vidrio de 500 mL, con tapa perforada con dos orificios de 8 mm de diámetro: uno para la entrada de la manguera y el otro para la salida del aire inyectado. Se utilizó el mismo mecanismo de oxigenación que en la metodología "A", sólo que en ésta se tuvo una apertura total de las válvulas de control de aire. Durante su aplicación se intentó tener control de la emergencia homogénea total de las radículas, para lo cual se realizó cada ocho horas un monitoreo visual constante.

Metodología "C"

En esta metodología el protocolo de implementación fue muy similar al de la prueba de germinación estándar en laboratorio para semillas de especies de gramíneas, excepto que aquí las semillas estaban casi sumergidas en la solución durante todo el tiempo de exposición. Las semillas se dejaron libres y se depositaron en una caja Petri grande, con papel filtro para preservar por más tiempo la solución, y la presión de aire fue natural y estable, y sólo contaron con el oxígeno en el microambiente de la caja Petri. En esta metodología se siguieron las recomendaciones del International Rules for Seed Testing Association (ISTA) (1996), por lo que se precalentaron las semillas a 40° C durante cuatro horas antes de osmoacondicionar. También se aplicó el mantenimiento estable de la temperatura de 25° C dentro de una cámara de incubación. Al igual que para la metodología "B", se monitorearon cada ocho horas las semillas para encontrar una germinación fisiológica homogénea.

Bioensayos

Para determinar la metodología con mayor valor experimental respecto al osmoacondicionamiento de semillas de zacate Buffel, se realizaron los siguientes bioensayos: viabilidad de semillas, periodos precisos para el osmoacondicionamiento (PPOSMA), tiempo óptimo de precalentamiento de semillas y la prueba de germinación estándar del control.

Para cada bioensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias se realizó mediante la diferencia mínima significativa (DMS), con un nivel de significancia de

$P \leq 0.05\%$, con cuatro repeticiones por tratamiento. La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1999).

Viabilidad de semillas. Como primera etapa del estudio, se realizó una comparación entre tres diferentes metodologías para descartar las que más afectan la viabilidad de las semillas, y al final seleccionar en el bioensayo (PPOSMA) a la que menos efecto negativo tuvo sobre la calidad fisiológica de las semillas. Con este propósito, 100 semillas se sometieron para prueba de viabilidad y 30 más (en el caso de tener semillas germinadas antes de tiempo) a la aplicación del precondicionamiento hídrico, donde el agua está libremente disponible para las semillas (Taylor *et al.*, 1998). Las semillas fueron evaluadas por su calidad fisiológica, por la prueba topográfica basada en la AOSA (1993), con 2,3,5-trifenil tetrazolium, después de 25 días de exposición al hidrocondicionamiento, y se tomaron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada metodología para obtener semillas viables y no viables.

Periodos precisos para el osmocondicionamiento. Una vez encontrada la metodología más efectiva en viabilidad de semillas, se obtuvo el tiempo preciso para osmocondicionar bajo el esquema de la metodología que resultó con mayor valor experimental.

Una de las características del osmocondicionamiento de semillas es que la disponibilidad de agua se mantiene en un nivel subóptimo, de tal forma que el proceso germinativo se inicia, pero se detiene en alguna etapa. Una germinación completa, definida como brotamiento radicular, nunca ocurre (Campos-Álvarez *et al.*, 2002). El tiempo correcto para OSMA se basó en los resultados de una primera prueba con todos los tratamientos bajo la metodología elegida, hasta que el tejido de la radícula de las semillas fue homogéneamente visible, lo que se registró en una tabla con el número de días para lograr germinación fisiológica homogénea de 16% (G16), y el número de semillas germinadas (SG).

Para tomar decisiones en cuanto al tiempo necesario para detener el osmocondicionamiento de las semillas para cada tratamiento, se tomó en consideración el tiempo que transcurrió para que se lograra una germinación fisiológica homogénea.

Prueba de germinación estándar del control.

Para esta prueba se tomaron 100 semillas de zacate Buffel recién cosechadas y se dividieron en cuatro re-

peticiones de 25 semillas. Se realizó una comparación de medias entre los factores: semillas con flósculos y semillas sin flósculos. El protocolo de evaluación constó de la suma del conteo de las plántulas normales, a los 14 y 25 días después de la siembra. El resultado de esta prueba se utilizó como base para calcular la germinación fisiológica homogénea en el bioensayo: periodos precisos para el osmocondicionamiento a partir de la capacidad germinativa de las semillas con sus flósculos presentes.

Tiempo óptimo de precalentamiento de semillas.

La intención del bioensayo fue para acelerar el proceso de germinación de las semillas al reducir el nivel de dormancia que imponen la lemma y la palea, así como el lixiviado de sustancias inhibitoras y ceras del tejido celular de las cubiertas florales en general. Para esto, el protocolo de este bioensayo se basó en el del principio general del envejecimiento acelerado para semillas, donde se encuentran a exposición a temperaturas y humedad altas (Barros y Filho, 2003). Siguiendo la recomendación del ISTA para semillas de *Cenchrus ciliaris* L. con flósculos, de precalentar antes de someter a prueba estándar de germinación. Se trataron 100 semillas por 2, 4 y 6 horas de exposición a baño maría, bajo 40 grados centígrados de temperatura, 100% de humedad relativa (sumergidas en H₂O destilada), en vasos de precipitados de 500 mL, con el fin de encontrar el mejor tratamiento respecto a las horas de exposición de las semillas bajo la temperatura mencionada. Después de tratadas las semillas, se sometieron 25 de cada tratamiento a la metodología "C", y se evaluó según el tratamiento que primero lograra la germinación fisiológica homogénea.

Para obtener los potenciales osmóticos del agente osmótico polietilenglicol 8000, las soluciones se prepararon de acuerdo con la ecuación propuesta por Michel (1983), y se realizaron de la siguiente manera:

$$[\text{PEG}] = [4 - (5.16 \Psi T - 560 \Psi + 16) / (2)] / [2.58 T - 280]$$

donde:

T = Temperatura de preparación de la solución en °C

Ψ = Potencial osmótico requerido en bares

[PEG] = Kilogramos de PEG por litro de agua destilada.

La siguiente ecuación, propuesta por Wiggans y Gardner (1959), fue empleada para obtener los po-

tenciales osmóticos de los agentes, nitrato de potasio y cloruro de potasio.

$$G = (P V m) / (RT)$$

donde:

G = Gramos de soluto a utilizar

P = Presión osmótica deseada

V = Volumen en litros

M = Peso molecular del químico usado

R = 0.0825 atm

T = °K

Para cada bioensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias se realizó mediante la diferencia mínima significativa (DMS), con un nivel de significancia de $P \leq 0.05\%$, con cuatro repeticiones por tratamiento. La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la prueba de germinación estándar del control, las semillas de zacate Buffel tomadas para el ensayo demostraron tener los niveles más bajos de germinación, pues el hecho de ser semillas de cosecha reciente influyó sobre este comportamiento, ya que se obtuvo 16.5% de germinación (Cuadro 1); no obstante, el mismo lote demostró tener una capacidad de germinación superior después de remover los flósculos, lo que demostró el nivel de severidad de latencia que imponen la lemma y la palea.

Según Ferguson (1995), citado por Salinas (2001), el primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción de la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas. De acuerdo con el análisis estadístico y comparación de medias para la prueba topográfica de sal de tetrazolio (Figura 1), se encontró que la metodología "C" fue la óptima para este estudio, pues mantuvo niveles aceptables de viabilidad en las semillas. Las metodologías "A" y "B" tuvieron niveles no aceptables de viabilidad en las semillas tratadas con preacondicionamiento hídrico, por lo cual se descartaron durante la primera etapa del estudio. El problema principal de la pérdida de viabilidad de semillas se debió a la poca disponibilidad de oxígeno para las semillas mientras se encuentran sumergidas en su totalidad en el agua. La capa protectora de las cariósides permi-

te un muy limitado intercambio de gases (oxígeno y CO_2) por la presencia de latencia exógena, lo que provoca que se deterioren las semillas fisiológicamente, al estar sumergidas por periodos de tiempo muy prolongados.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre las metodologías: para la metodología "C" (Cuadro 2), los resultados de semillas viables demostraron ser numéricamente muy similares a los de las semillas sin flósculos en prueba de germinación estándar para el control (Cuadro 1); esto indicó

Cuadro 1. Comparación de medias para la prueba de germinación estándar de semillas de zacate Buffel.

Tratamiento	% de germ.
Semillas con flósculos	16.5 "B"
Semillas sin flósculos	96 "A"
Media	56.25
DMS	1.2235

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

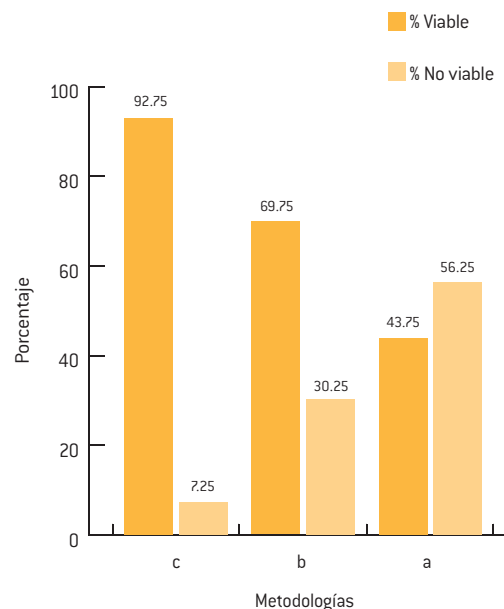


Figura 1. Comparación de medias para la prueba topográfica con sal de tetrazolio.

que las semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) var. común, no cuentan con latencia de tipo endógena, pues existió solamente una diferencia de 3.25% entre los resultados, al comparar un ensayo con otro. Al saber que en la prueba de viabilidad se determina el porcentaje de semillas metabólicamente activas, y que en la de germinación estándar no germinan aquellas que metabólicamente están activas cuando presentan un problema de latencia, se pudo señalar que para conocer la viabilidad de semillas zacate Buffel, es confiable realizar una prueba de germinación estándar de las semillas sin flósculos.

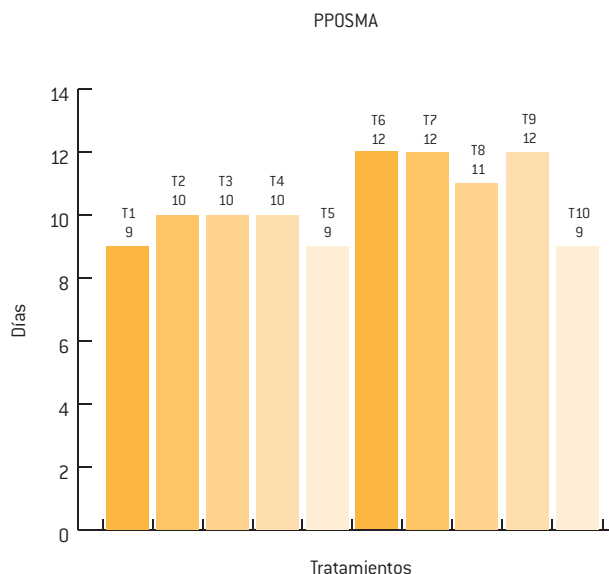
Cuadro 2. Comparación de medias para la prueba topográfica con sal de tetrazolio.

Metodología	% Viable	% No viable
C	92.75 "A"	7.25 "C"
B	69.75 "B"	30.25 "B"
A	43.75 "C"	56.25 "A"
Media	68.75	31.25
DMS	5.6706	5.6706

Respecto al precalentamiento, las semillas con flósculos (T2): 40°C/4hrs/100HR/H₂O, resultaron ser el mejor tratamiento en este bioensayo, ya que a diez días de tratarse en los tres diferentes tiempos de precalentamiento, lograron obtener el primer valor de G16.

Como se muestra en la Figura 2, los periodos para el osmoacondicionamiento: T6, T7 y T9, resultaron ser superiores en G16 (Cuadro 3), estadísticamente diferentes a los demás.

Los potenciales osmóticos -2.5, -5 y -7.5 atm durante esta prueba indicaron ser altamente tóxicos para las semillas, ya que tuvieron un mayor efecto de pérdida de semillas (nunca logrando la germinación fisiológica homogénea) con los agentes osmóticos KNO₃ y KCL, en comparación al PEG. Parera y Cantliffe (1994) comentaron que el polietilenglicol tiene ventajas sobre las sales inorgánicas por ser una sustancia inerte sin efectos tóxicos en el embrión, debido a que el tamaño de la molécula del PEG-8000 no le permite entrar en la semilla; Da Silva *et al.* (2007),



T1: KNO₃/-0.5atm; T2: KNO₃/-1atm; T3: KNO₃/-1.5atm; T4: KCl/-0.5atm; T5: KCl/-1atm; T6: KCl/-1.5atm; T7: PEG/-0.5atm; T8: PEG/-1atm; T9: PEG/-1.5atm; T10: HYDROP/0atm

Figura 2. Periodos precisos de osmoacondicionamiento.

citados por Ruiz-Ramírez (2012), reportaron que la germinación de semillas de cebada disminuyó a medida que se incrementó el nivel de salinidad, reduciendo la viabilidad y vigor de las semillas debido a que la salinidad afectó la integridad de las membranas. En esta investigación, los resultados de germinación fisiológica demostraron ser insuficientes para considerar al PEG como un tratamiento viable con los potenciales osmóticos ya mencionados. Por lo anterior, en la segunda etapa de estudios se descartaron los tratamientos con los tres agentes osmóticos para los potenciales osmóticos -2.5, -5 y -7.5 atm.

Los tratamientos en los que se logró la G16 más rápidamente, fueron el T1, T5 y T10, ya que tuvieron el mayor número de semillas germinadas (SG) (Cuadro 3), mas no se asegura que sean los tratamientos más efectivos para realizar OSMA, pues para tener esa certeza, es preciso un estudio posterior en el que se evalúe la calidad fisiológica de las semillas tratadas mediante estos tratamientos; no obstante, el resultado de SG permite el planteamiento hipotético de que los tratamientos T1, T3 y T10 puedan lograr excelentes resultados de germinación agronómica. Cabe mencionar que los tratamientos T6, T7 y T9, los cuales fueron los más retardados, mostraron un valor intermedio de semillas totales germinadas.

Cuadro 3. Resultados del bioensayo periodos precisos para el osmoacondicionamiento "PPOSMA".

Tratamientos	G16 (días)	SG
T1: KNO ₃ /.5atm	10	8.5
T2: KNO ₃ /-1atm	11	5.25
T3: KNO ₃ /-1.5atm	11	11
T4: KCl/-.5atm	11	4.75
T5: KCl/-1atm	10	4.75
T6: KCl/-1.5atm	13	5.25
T7: PEG/-.5atm	13	4
T8: PEG/-.1atm	12	4
T9: PEG/-1.5atm	13	5
T10: HYDROP/0atm	10	8.5

G16: días para lograr la germinación homogénea igual o superior al 16%; **SG:** número de semillas germinadas fisiológicamente, de manera homogénea.

CONCLUSIONES

Durante la evaluación de las tres metodologías, se desarrolló una altamente viable para el osmoacondicionamiento de semillas; de igual forma, se obtuvo información importante para la aplicación de periodos precisos para el osmoacondicionamiento de semillas en los tratamientos con los agentes osmóticos: polietilenglicol 8000, KNO₃ y KCl a diferentes concentraciones, para los potenciales osmóticos específicos: -.5, -1 y -1.5 atm; tal información tiene gran relevancia para la ecología de eliminación de latencia exógena de las semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común.

La metodología "C" resultó ser la de mayor factibilidad en su implementación, al lograr mantener niveles aceptables de viabilidad de las semillas tratadas hasta en 92.75%; a la vez, que en ella se determinó que la viabilidad de las semillas de zacate Buffel var. común puede cuantificarse por medio de una prueba de germinación estándar al utilizar semillas desnudas (sin glumas,

ni flósculos). Para efectos del precalentamiento de semillas, se encontró que éstas tienen un mejor efecto cuando se someten a 40° C de temperatura, 100% de humedad relativa, durante cuatro horas de exposición. Por último, se obtuvieron los periodos precisos para el osmoacondicionamiento, de los cuales los tratamientos T6: KCl/-1.5 atm, T7: PEG/-.5 atm y T9: PEG/-1.5atm fueron los más lentos para lograr la germinación fisiológica homogénea (16%), ya que tuvieron un número de semillas germinadas totales inferior al de los tratamientos T1: KNO₃/.5atm, T5: KCl/-1atm y T10: HYDROP/0atm, en los cuales se obtuvo la germinación fisiológica homogénea en menor tiempo desde su iniciación, lo que indica que tales tratamientos son efectivos para romper la latencia exógena de semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común.

LITERATURA CITADA

- AOSA. 1993. Handbook on Tetrazolium Testing. Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing, U.S.A.
- BARROS, T. S. and Filho, J. M. 2003. Accelerated aging of melon seeds. *Scientia Agrícola*. 60(1):77-82.
- CAMPOS, F., Cruz, F., Torres, A. Sánchez, A., Colmenero J., Smith, C., Covarrubias, A., y Vázquez, J. 2002. Expresión de genes codificantes para proteína, abundantes en embriogénesis tardía (lea), durante el osmoacondicionamiento de semillas de maíz y frijol. *Agrociencia*, volumen 36, número 4, 461-470.
- INTERNATIONAL Rules for Seed Testing Association (ISTA). 1996. Adaptada para el 24avo. Internacional Seed Testing Congreso. Denmark (1996). (101-107), 335 p.
- MICHEL B., E. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiol*. 72:66-70.
- PARERA A., C. and Cantliffe D., J. 1994. Presowing priming. *Horticultural Reviews* 16:109-141.
- RUIZ-RAMÍREZ, S., Valdés-Oyervides, A., Facio-Parra, F., y Arce-González, L. (2012). Efecto de diferentes niveles de salinidad en la germinación y vigor de semillas de cinco gramíneas forrajeras. *Agraria* 9(1): 7-13.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS Institute). 1999. The SAS system for windows version eight. Cary, NC, USA.
- TAYLOR, A.G., Allen, P.S., Bennet, M.A., Bradford, K.J., Burris, J.S., Misra, M.K. 1998. Seed enhancements. *Seed Sci. Res.* 8:245-256.
- WIGGANS S., C. and Gardner P., F. 1959. Effectiveness of various solutions for simulating drought conditions as measured by germination and seedling growth. *Agron. J.* 51:315-3.

En cabras subtropicales, una suplementación con maíz durante la gestación media y tardía no aumenta el peso de la placenta ni el peso de las crías al nacer

In subtropical goats, maize supplementation during mean and late gestation does not increase the placental weight or the weight of the offspring at birth

E.S. Mendieta¹, J.A. Bustamante¹, L.M. Cedillo¹, J.A. Flores¹, J. Vielma¹, G. Duarte¹, G. Fitz-Rodríguez¹, I.G. Fernández¹, A. Terrazas², J.A. Delgadillo¹, H. Hernández^{*1}

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina, UAAAN, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México. E-mail: hernandezhoracio@outlook.com [*Autor de responsable]. ²Departamento de Ciencias Pecuarias, FESC-UNAM, Km 2.5, Cuautitlán, C.P. 54714, Estado de México.

RESUMEN

En este estudio se determinó si la suplementación con maíz durante la gestación media y final de cabras mantenidas extensivamente, que paren en septiembre, incrementa el peso de la placenta y de las crías al nacer. En el grupo testigo (GT; n = 12), las cabras se alimentaron durante la gestación sólo con la vegetación de las áreas de pastoreo. En el grupo gestación media-final (GMF; n = 12), las cabras estuvieron igual que en el GT, sólo que del día 75 al 90, y luego durante los últimos 15 días de gestación, se suplementaron con 0.6 kg/animal/día de maíz. En el grupo final (GF; n = 12), las cabras se alimentaron como las del GT, pero además recibieron la suplementación durante el último mes de gestación. El peso de las crías al nacer no difirió entre los grupos de estudio: GT = 3.1 ± 0.1 kg, GMF = 3.3 ± 0.2 kg, GF = 3.1 ± 0.1 kg; P = 0.223. La temperatura corporal de las crías fue mayor (P = 0.002) en las crías del GMF y del GF que en las del GT: 40.1 ± 0.1 °C y 39.6 ± 0.1 °C vs. 39.4 ± 0.1 °C, respectivamente. El peso de la placenta no difirió entre los grupos estudiados (P = 0.432); sin embargo, el número de cotiledones fue mayor en las placentas del GMF que en las del GT: 6.3 ± 0.3 cotiledones vs. 5.3 ± 0.3; P = 0.044. Este conteo: 5.5 ± 0.3 cotiledones en el GF no difirió con los otros dos grupos: P = 0.807 con GT y P = 0.160 con GMF, por lo que se concluyó que en cabras mantenidas extensivamente, cuyos partos ocurren al inicio de septiembre, una suplementación con maíz durante la gestación media o al final de ésta no incrementa el peso de la placenta ni el de las crías al nacer.

Palabras clave: cabras, cabritos, nutrición, cotiledones, características placentarias.

ABSTRACT

The present study was performed to determine whether a maize supplementation to pregnant goats maintained under extensive grazing conditions kidding in September might increase the placental and birth weight of their kids. Goats in the control group (GT; n = 12) were maintained during whole gestation only with natural vegetation from the grazing areas. Goats in the middle-final group (GMF; n = 12) were maintained as in GT, but in addition each goat received daily 0.6 kg of maize from day 75 to 90 of gestation and again during the last 15 days of gestation. Goats in the final gestation (GF; n=12) were maintained as in GT, but in addition each goat received maize supplementation during the last month of gestation. The birth weight of the offspring did not differ between the 3 groups: GT = 3.1 ± 0.1 kg, GMF = 3.3 ± 0.2 kg, GF = 3.1 ± 0.1 kg; P = 0.223. Corporal temperature of the offspring after birth was higher (P = 0.002) in GMF and GF than in GT: 40.1 ± 0.1 °C vs. 39.6 ± 0.1 °C vs. 39.4 ± 0.1 °C, respectively. Placental weight did not differ between the mothers of the three groups (P = 0.432), however, the cotyledons number in placenta was higher in GMF than in GT: 6.3 ± 0.3 cotyledons vs. 5.3 ± 0.3; P = 0.044. This counting: 5.5 ± 0.3 cotyledons in GF did not differ with the other two groups: P = 0.807 with GT and P = 0.160 with GMF. We concluded that in pregnant goats maintained under extensive grazing conditions kidding in September, a maize supplementation during middle or late gestation does not increase neither the placental weight nor the weight of the offspring at birth.

Key words: goats, goat kids, nutrition, cotyledons placental characteristics.

INTRODUCCIÓN

En México, 87% de la población caprina se ubica en las regiones áridas y semiáridas, como lo es la parte norte del país (SIAP, 2008). En estas áreas, los caprinos se alimentan de arbustos, de plantas herbáceas y pastos (Mellado *et al.*, 1991). La disponibilidad y la calidad de estos recursos forrajeros varían a través del año (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). En el norte de México, los caprinos muestran un patrón de reproducción estacional (Delgadillo *et al.*, 1999). Las hembras desarrollan su actividad sexual desde el mes de septiembre hasta el de febrero, y se observa un periodo de anestro de marzo a agosto (Duarte *et al.*, 2008). Se ha demostrado que al utilizar machos sexualmente activos mediante el uso del efecto macho, es posible inducir la actividad sexual de las hembras durante el periodo de anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2009).

Una vez gestadas las hembras, siguen manteniéndose con la vegetación disponible en las áreas de pastoreo, por lo que es común encontrar estados de desnutrición durante la gravidez. La nutrición durante la gestación juega un papel crítico en el desarrollo y crecimiento placentario y fetal, ya que se refleja en el peso de las crías al nacer. En rumiantes, el tamaño y peso de la placenta es uno de los factores más importantes que determinan el peso de las crías al nacimiento (Mellor, 1983; Kelly, 1992). En efecto, el crecimiento y funcionalidad de la placenta es el medio por el cual el feto recibe los sustratos metabólicos para su crecimiento (McCrabb *et al.*, 1992). Bell *et al.* (2003) indicaron que, en ovejas, el mayor crecimiento de la placenta se presenta del día 60 al 90 de la gestación. Es posible que en las cabras gestantes mantenidas bajo un pastoreo semiárido de México, donde la disponibilidad de la vegetación puede reducirse en ciertos periodos del año, la adición de maíz en la dieta durante este periodo pueda reflejarse en el mayor peso de sus crías. El objetivo del presente estudio fue investigar si la suplementación con maíz del día 75 al 90 de la gestación, o bien durante el último mes de la gestación, incrementa el peso de la placenta y de las crías al nacer en cabras explotadas de manera extensiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el municipio de Matamoros, Coah., de la región Lagunera. En los terrenos de pastoreo de esta región se pueden encontrar

especies vegetales como: zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), bermuda (*Cynodon dactylon*), navajita (*Bouteloua* spp.), Johnson (*Sorghum halepense*), así como frutos de mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*) y arbustos. Además, en ciertos periodos del año, los animales pueden tener acceso a esquilmos o rastrojo de cosecha de sorgo, melón y sandía (Ramírez-Vera *et al.*, 2012; INIFAP, 2010). A lo largo del año, en los terrenos de pastoreo de esta región, la dieta de las cabras se compone de alrededor de 82% de arbustos, 12% de plantas herbáceas y 6% de gramíneas (Ramírez *et al.*, 1991). En un estudio realizado por Juárez-Reyes *et al.* (2004) se informa que las cabras gestantes mantenidas en condiciones de pastoreo semiárido que consumen esta dieta, obtienen en promedio 1.2 kg/d de MS y 2.1 Mcal/d de EM en MS de esta dieta, lo cual no satisface los requerimientos nutricionales de mantenimiento y producción.

En este estudio se utilizaron 36 cabras gestantes multíparas con una edad que variaba de 3 a 4 años y una condición corporal promedio de 2.4 ± 0.1 (\pm error estándar del promedio, SEM). Las cabras utilizadas, que fueron del genotipo existente en la región Lagunera, se empadronaron el mes de abril mediante el efecto macho, con machos cabríos inducidos a una intensa actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 2009). Después de confirmar su estado gestante, las cabras se subdividieron en tres grupos homogéneos con base en su condición corporal y peso.

En el GT, durante toda la gestación las cabras se mantuvieron pastoreando diariamente sólo la vegetación disponible. En el grupo suplementado durante la gestación media y al final, las cabras se mantuvieron igual que las del GT, aunque del día 75 al 90 de la gestación recibieron 0.6 kg de maíz rolado/animal/día en promedio, y durante los últimos 15 días de la gestación se les volvió a suplementar con maíz. En el grupo suplementado al final de la gestación, las cabras también se mantuvieron como las del grupo GT, sólo que durante el último mes de la gestación se suplementaron con 0.6 kg de maíz rolado/animal/día, en promedio. Para llevar a cabo la suplementación con maíz, se utilizaron cubetas de plástico de 3 kg. El maíz se pesó con una báscula electrónica, cuya precisión y capacidad es de 5 g y de 40 kg, respectivamente. La suplementación se realizó individualmente, por lo que las hembras se entramparon al momento de ofrecerles el maíz, para así asegurar sólo el consumo de la cantidad que se les ofreció en dos partes: 0.3 kg por las mañanas, antes del pastoreo, y 0.3 kg por las tardes, antes de llevarlas nuevamente al pastoreo. El

maíz que recibieron las cabras se calculó de acuerdo con su peso metabólico ($W^{0.75}$), y se les suministró 25 g de maíz por cada kg. La cantidad de maíz que se les ofreció generó 3.2 Mcal/kgMS EM y 8.6% PC.

En los tres grupos de cabras, el número de crías al parto no fue diferente: nueve tuvieron parto gemelar y tres tuvieron parto sencillo. Su fecha promedio de parto fue el 2 de septiembre del 2012 \pm 0.3 días.

Las variables que se evaluaron en las crías fueron: peso al nacimiento, temperatura corporal al nacimiento y concentración de glucosa de las crías antes de amamantarse por primera vez. El peso de las crías al nacer se registró inmediatamente después de que la madre terminó de limpiarlas, para así no perturbar el establecimiento del vínculo madre-cría; también se les registró el sexo y se les identificó con un arete. Para pesarlas, se utilizó una báscula electrónica con una precisión de 5 g y una capacidad de 40 kg. Respecto a la temperatura corporal al nacimiento, este parámetro se midió inmediatamente después de que nacieron, para lo cual se utilizó un termómetro digital (Citizen, México), que se introdujo vía rectal y se mantuvo sin movimiento por un lapso de 60 s, tiempo en el cual la lectura quedaba fija y sin variaciones, para luego registrarla en grados centígrados, y, finalmente, la concentración de glucosa en la sangre de las crías antes de que se amamantaran por primera vez, se determinó con la utilización del glucómetro y tiras reactivas (Accu-Chek Performa System; Roche, México). En cada ocasión se tomó a la cría de la parte del cuarto delantero, y con una aguja fina (calibre 21) se le punzó la yugular. Inmediatamente después de que fluyó la primera gota de sangre, ésta se tomó y se colocó en electrodos del glucómetro, para luego proceder a tomar la lectura correspondiente.

Las variables que se evaluaron a las madres fueron: peso de la placenta y número de cotiledones. En relación con la placenta, inmediatamente después de que fue expulsada, se procedió a recogerla del suelo, y enseguida se sacudió para eliminar el exceso de humedad e impurezas. La placenta se pesó con la misma báscula electrónica descrita para pesar el maíz; además, en cada ocasión que se pesó y se expuso la pared interna de la placenta en el área de vidrio de 20 \times 20 cm, se realizó el conteo de cotiledones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio no apoyan la hipótesis inicial de que en las cabras mantenidas extensi-

vamente, una suplementación con maíz durante la gestación media o hacia el final incrementa el peso de las crías al nacer, pues esta suplementación sólo muestra efectos ligeros en la temperatura de las crías, y en las madres sólo incrementa el número de cotiledones en la placenta; el peso de los cabritos al nacimiento no difirió entre los tres grupos ($P = 0.223$), ya que cuando se analizaron los datos de los tres grupos, el ANOVA no mostró un efecto del tratamiento nutricional sobre peso: GT = 3.1 \pm 0.1 kg, GMF = 3.4 \pm 0.2 kg, GF = 3.1 \pm 0.1 kg.

La ausencia de un efecto de la suplementación con maíz sobre el peso de las crías, no concuerda con otros estudios realizados en cabras de la misma raza, mantenidas extensivamente, ya que su suplementación con maíz incrementó de manera importante el peso de sus crías al nacer (Bustamante, 2013; Ramírez-Vera *et al.*, 2012). De igual manera, los presentes resultados no concuerdan con los obtenidos de ovejas nutridas adecuadamente durante su gestación, ya que el peso de sus crías al nacimiento es mayor que el de los corderos de ovejas que sufren desnutrición durante este estado (Bell y Ehrhardt, 2002).

La diferencia de los resultados que se obtuvieron en este trabajo con lo que se reporta en la literatura se debe, muy probablemente, a que la época en que se proporcionaron los tratamientos nutricionales enmascaró el efecto de la suplementación con maíz. Así, el desarrollo de la gestación en las hembras del presente trabajo (agosto-septiembre de 2011) coincidió con la estación del año en que existe una elevada disponibilidad de alimento en las áreas de pastoreo (principalmente mezquites y huizaches) (Granados, 1996; Ruiz-Tavares 2011), y residuos de cosecha (melón, sandía y rastrojos de sorgo); (Sagarpa, 2007), lo que posiblemente cubrió, en buena parte, los elevados requerimientos de las cabras gestantes durante la gestación tardía, lo que dejó sin efecto la adición del maíz en la dieta.

Como se aprecia en la Figura 1 (superior), la temperatura corporal de las crías al nacimiento fue menor ($P = 0.02$) en el GT que en las del GMF y GF, mientras que la registrada en estos últimos dos no difirió ($P = 0.49$). Este resultado coincide con lo reportado previamente en las crías de cabras y ovejas que fueron alimentadas por arriba de sus requerimientos nutricionales durante las últimas seis semanas de la gestación (More *et al.*, 1986; Hamada *et al.*, 2013).

En efecto, en estos estudios los cabritos y corderos provenientes de madres alimentadas por arriba de sus requerimientos nutricionales, tuvieron mayor

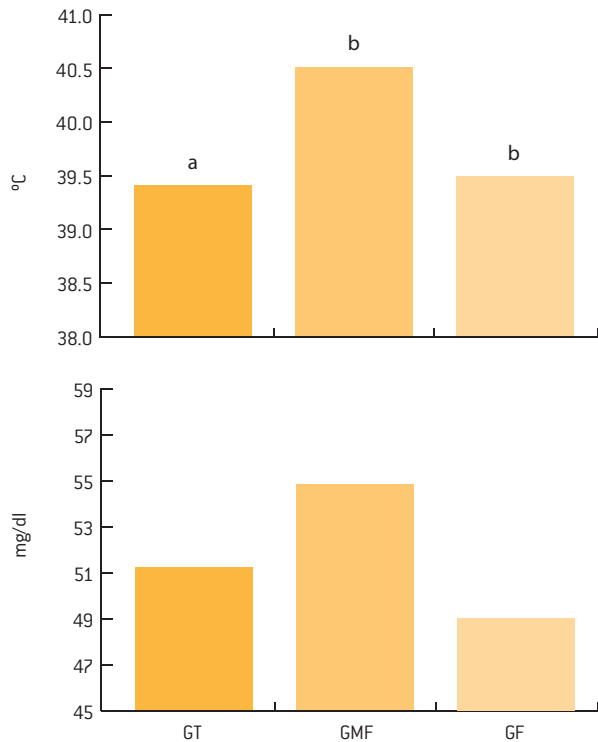


Figura 1. Temperatura y concentraciones de glucosa promedio (\pm SEM) de los cabritos registrados al nacimiento. En el grupo testigo (GT, $n = 21$), las madres se alimentaron durante toda la gestación sólo con el pastoreo. En el grupo medio-final (GMF, $n = 21$), las madres, además del pastoreo, cada una de ellas recibió 0.6 kg de maíz del día 75 al 90 de preñez, y posteriormente los últimos 15 días de preñez. En el grupo final (GF, $n = 21$), las madres, además del pastoreo, cada una de ellas recibió 0.6 kg de maíz durante el último mes de preñez. Barras con diferente literal indican diferencia significativa [$P = 0.002$] (Mendieta *et al.*).

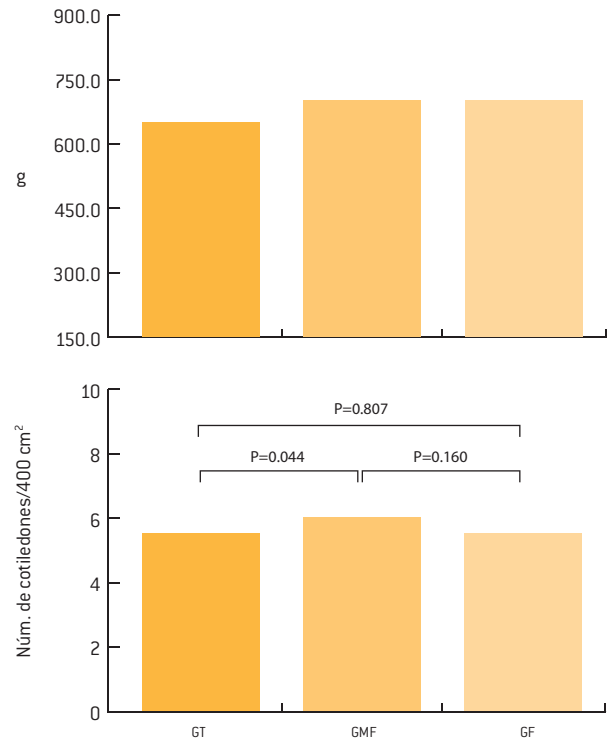


Figura 2. Peso promedio (\pm SEM) de la placenta y número de cotiledones obtenidos en las cabras de los tres grupos experimentales. En el grupo GT ($n = 12$), las madres se alimentaron durante toda la gestación sólo con el pastoreo. En el grupo GMF ($n = 12$), las madres, además del pastoreo, cada una de ellas recibió 0.6 kg de maíz del día 75 al 90 de preñez, y posteriormente los últimos 15 días de preñez. En el grupo GF ($n = 12$), las madres, además del pastoreo, cada una de ellas recibió 0.6 kg de maíz durante el último mes de preñez. $P =$ probabilidad de la comparación entre grupos (Mendieta *et al.*).

temperatura corporal que las crías de madres alimentadas con 100% de sus requerimientos. Sin embargo, como se observa en la Figura 1 (inferior), en el presente trabajo la concentración de glucosa en la sangre de las crías antes de amamantarse por vez primera no se modificó ($P = 0.299$) debido a que sus madres fueron suplementadas con maíz. La ausencia de un efecto de la suplementación con maíz sobre la glucosa registrada en sus crías, se debió probablemente a que las crías consumen la glucosa disponible para generar la mayor temperatura corporal mencionada anteriormente (Hamada *et al.*, 2013).

Como se observa en la Figura 2 (superior), el peso de la placenta no difirió entre los tres grupos de estudio ($P = 0.432$). En cambio, se puede observar que el número de cotiledones en 400 cm² de la pla-

centa (Figura 2, inferior) fue mayor en las cabras del GMF que en las del GT ($P = 0.044$), mientras que no existió diferencia en el número de cotiledones en las placentas de las madres del GMF y del GF ($P = 0.160$). Este hallazgo lleva a pensar que, en efecto, el desarrollo de estas estructuras placentarias es sensible a la nutrición proporcionada durante esta etapa media de la gestación.

Efectivamente, durante la preñez media, una nutrición inapropiada puede afectar significativamente la trayectoria del crecimiento placentario y de sus estructuras (Kelly, 1992; Wallace *et al.*, 1999). Los primeros estudios demostraron que la proliferación de placentomas alcanza su máxima tasa entre los días 50 a 60 de la gestación, y que el mayor peso de dichas estructuras ocurre del día 75 al 80 de la

gestación (Ehrhardt y Bell, 1995). Una inadecuada nutrición durante este periodo ha sido asociada con cambios en el crecimiento placentario (McCraab *et al.*, 1992).

CONCLUSIONES

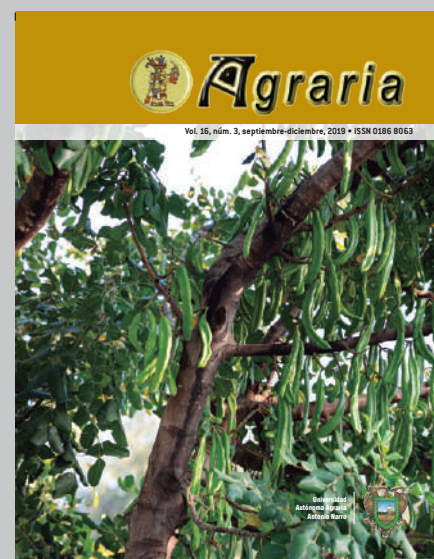
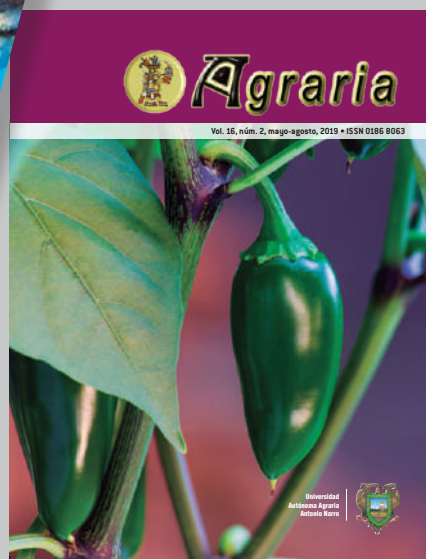
Los resultados del presente estudio demuestran que en las cabras mantenidas extensivamente, cuyos partos ocurren al inicio de septiembre, una suplementación con maíz durante la gestación media o hacia el final no incrementó el peso de las crías al nacer. Los resultados presentes sólo muestran efectos ligeros de la suplementación con maíz en la temperatura de las crías al nacer, y el efecto en las madres sólo se limitó a incrementar el número de cotiledones encontrados en la placenta. Se requieren estudios adicionales en los que los partos ocurran durante el otoño-invierno, y que la suplementación coincida con una menor disponibilidad de la vegetación en las áreas de pastoreo. Asimismo, sería importante ampliar la suplementación hasta un mes durante la gestación media (del día 60 al 90 de gestación), lo cual podría ser la ventana más apropiada para incrementar el peso de las crías.

LITERATURA CITADA

- BELL, A.W., R.A. Ehrhardt. 2002. Regulation of placental nutrient transport and implications for fetal growth. *Nutr. Res. Rev.* 15: 211-230.
- BUSTAMANTE, J.A. 2013. En cabras mantenidas en pastoreo extensivo, una suplementación alimenticia durante el efecto macho y en la gestación tardía incrementa la tasa ovulatoria y el peso de la cría al nacimiento, Tesis de Maestría. Torreón, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- DELGADILLO, J.A., G.A. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume, B. Malpaux. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*. 52: 727-737.
- DELGADILLO, J.A., H. Gelez, R. Ungerfeld, A.R. Hawken, G.B. Martin. 2009. The male effect in sheep and goats-revisiting the dogmas. *Behav. Brain. Res.* 200: 304-314.
- DUARTE, G., J.A. Flores, B. Malpaux, J.A. Delgadillo. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest. Anim. Endocrin.* 35: 362-370.
- EHRHARDT, R.A. y A.W. Bell. 1995. Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. *Placenta*. 16: 727-741.
- GRANADOS, D. 1996. El mezquite: el árbol del desierto. Chapingo, Serie Cien. Amb. 22: 37-51.
- GREENWOOD, P.L., A.W. Bell. 2003. Prenatal nutritional influences on growth and development of ruminants. *Nut. Res. Rev.* 14: 57-68.
- HAMADA D.H.M., G.A.R. Somech, A.Y.E. Mohamed, A.K.A. Enas. 2013. Effect of maternal feeding in late pregnancy on behavior and performance of Egyptian goats and sheep and their offspring. *Global Vet.* 11: 168-176.
- INIFAP. 2010. Boletín técnico. Coeficientes de agostadero de la República mexicana: estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. 2: 13-78 SAG.
- JUÁREZ-REYES, A.S., M.A. Cerrillo-Soto, C.A. Meza-Herrera, G. Nevárez-Carrasco. 2004. Diet composition, intake, and plasma metabolites, reproductive and metabolic hormones during pregnancy in goats under semi-arid grazing conditions. *J. Agric. Sci.* 142: 697-704.
- KELLY, R.W. 1992. Nutrition and placental development. *Proc. of the Nut. Soc. of Aust.* 17: 203-211.
- MCCRABB, G.J., A.R. Egan, B.J. Hosking. 1991. Maternal under-nutrition during mid-pregnancy in sheep. Placental size and its relationship to calcium transfer during late pregnancy. *Brit. J. Nutr.* 65: 157-168.
- MCCRABB, G.J., B.J. Hosking, A.R. Egan. 1992. Changes in the maternal body and feto-placental growth following various lengths of feed restriction during mid-pregnancy in sheep. *Aust. J. Agr. Res.* 43: 1429-1440.
- MELLADO, M., M. Foote, A. Rodríguez, P. Zarate. 1991. Botanical composition and nutrient content of diet selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. *Small Rumin. Res.* 6: 141-150.
- MELLOR, D.J. 1983. Nutritional and placental determinants of fetal growth rate in sheep and consequences for the newborn lamb. *Brit. Vet. J.* 139: 307-324.
- MOORE, R.W., C.M. Millar, P.R. Lynch. 1986. The effects of prenatal nutrition and type of birth and rearing of lambs on vigour, temperature and weight at birth and survival at weaning. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 46: 259-262.
- RAMÍREZ, R.G., A. Loyo, R. Mora, E.M. Sánchez, A. Chaire. 1991. Forage intake and nutrition of range goats in a shrub land in north-eastern Mexico. *J. Anim. Sci.* 69: 879-885.
- RAMÍREZ-VERA, S., A. Terrazas, J.A. Delgadillo, N. Serafín, J.A. Flores, J.M. Elizundia, H. Hernández. 2012. Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in

- goats grazing subtropical semi-arid rangeland. *J. Anim. Sci.* 90: 2362-2370.
- RUIZ-TAVARES, D.R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del altiplano potosino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México.
- SÁENZ-ESCÁRCEGA, P.F., G.L. Hoyos, G.H. Salinas, D.M. Martínez, J.J. Espinoza, B.A. Guerrero, G.E. Contreras. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En *Evaluación de Módulos Caprinos en la Comarca Lagunera*. SARH. INIFAP. CIID. Matamoros, Coah., México.
- SAGARPA. 2007. *Producción Pecuaria en la Región Lagunera*. Resumen. Suplemento Especial. Torreón, Coah., México, p. 8.
- SAGARPA. 2008. *Sistema de Información Agrícola y Pesquera SIAP*. www.sagarpa.gov.mx. Consultado el 10/05/2014.
- WALLACE, J.M, D.A. Bourke, R.P. Aitken. 1999. Nutrition and fetal growth: paradoxical effects in the over nourished adolescent sheep. *J. Rep. Fer. S.* 54: 385-399.

PUBLICACIONES 2019



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]; y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

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

E-mail: revista_agraria@uaaan.edu.mx

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



- 1** Prototipo limpiador de semilla de achiote
Prototype achiote seed cleaner
M. Caballero-Caballero, J. L. Montes-Bernabé, M. E. Silva-Rivera
- 7** Nanopartículas de cobre como promotor del vigor de la germinación en semillas de pepino
Copper nanoparticles as a promoter of germination vigour in cucumber seeds
Esmeralda Jackelin Silverio-Mata, Norma Angélica Ruiz-Torres, Celestino Flores-López, Ileana Vera-Reyes y Ricardo Hugo Lira-Saldívar
- 15** Bioensayos para la evaluación de metodologías y determinación de periodos precisos de osmocondicionamiento en semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común, bajo condiciones de laboratorio
Bioassays for the evaluation of methodologies and determination of precise periods of osmoconditioning in seeds of zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. common, under laboratory conditions
Derly Guillermo Rodríguez-Cantú, Antonio Valdés-Oyervides, Federico Facio-Parra, Ramón F. García-Castillo, Leopoldo Arce-González
- 23** En cabras subtropicales, una suplementación con maíz durante la gestación media y tardía no aumenta el peso de la placenta ni el peso de las crías al nacer
In subtropical goats, maize supplementation during mean and late gestation does not increase the placental weight or the weight of the offspring at birth
É.S. Mendieta, J.A. Bustamante, L.M. Cedillo, J.A. Flores, J. Vielma, G. Duarte, G. Fitz-Rodríguez, I.G. Fernández, A. Terrazas, J.A. Delgadillo, H. Hernández

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.