

Luis Fernando Plenge Tellechea  
Jorge Alberto Pérez León  
(Coordinadores)

UACJ

## CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL



*Ciencia en la frontera:*  
revista de ciencia y tecnología  
de la Universidad Autónoma  
de Ciudad Juárez

### DIRECTORIO

**Jorge M. Quintana Silveyra**  
Rector

**David Ramírez Perea**  
Secretario General

**Martha P. Barraza de Anda**  
Coordinadora General de  
Investigación y Posgrado

**Hugo Staines Orozco**  
Director del ICB

**Servando Pineda Jaimes**  
Dirección General de Difusión  
Cultural y Divulgación Científica

**CONSEJO EDITORIAL**  
Emilio Álvarez Parrilla  
Leonel Barraza Pacheco  
Alejandro Donohue Cornejo  
Esaúl Jaramillo  
Alejandro Martínez  
Francisco Molinar Holguín  
Antonio de la Mora  
Helvia Pelayo Benavides  
Luis Fernando Plenge  
Joaquín Rodrigo García  
Laura de la Rosa  
Hugo Staines Orozco  
Gilberto Reyes Leal  
Yolanda Loya

**DIRECTOR**  
Luis Fernando Plenge

**FORMATO**  
César Arturo Muñiz

### Álvaro Álvarez Parrilla

Fac. Ciencias, Matemáticas, UABC,  
Ensenada, B. C.

### Francisco Fernández Belda

Depto. de Bioquímica y  
Biología Molecular (A), Universidad  
de Murcia, Murcia, España.

### Alex Fragoso Sierra

Fac. de Química. Universidad  
de La Habana, Cuba.

### Jorge Gardea Torresdey

Chemistry, UTEP, El Paso, Texas.

### Armando Gómez Puyou

Investigador Emérito. Instituto de  
Fisiología Celular, Depto. Bioquímica,  
UNAM. México, D. F.

### Gustavo González

Tecnología de Alimentos de  
Origen Vegetal, CIAD  
Hermosillo, Sonora, México.

### Louis Irwin

Biological Science, UTEP, El Paso, Texas.

### José Luis Ochoa

CIBNOR, La Paz, B.C.S.

### Esther Orozco

CINVESTAV, México, D. F.  
Biomedicina Molecular.

### María Jesús Periago

Depto. de Bromatología e Inspección de Alimen-  
tos, Universidad de Murcia, Murcia, España.

### Gaspar Ros Berruezo

Depto. de Bromatología e Inspección  
de Alimentos, Universidad de Murcia,  
Murcia, España.

### Rocío Salceda Sacanelles

Instituto de Fisiología Celular, Depto.  
Neurociencias, UNAM, México, D. F.

### Fernando Soler

Depto. de Bioquímica y Biología  
Molecular (A), Universidad de  
Murcia, Murcia, España.

### Marieta Tuena de Gómez Puyou

Investigadora Emérita. Instituto de Fisiología  
Celular, Depto. Bioquímica, UNAM.  
México, D. F.

### José Vázquez Tato

Fac. de Ciencias, Depto. de  
Química Física. Universidad de  
Santiago de Compostela,  
España.

### Ricardo Tapia Ibarguengoytia

Neurociencias  
IFC-UNAM

### Herminia Pasantes

Neurociencias  
IFC-UNAM

### Thomas Kretzschmar Steinle

Área de Geofísica  
CICESE en Ensenada  
Baja California, México

*Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ / Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,*  
Coordinación General de Investigación y Posgrado. Vol. 7. (2009). Ciudad Juárez, Chih.: UACJ, 2007.

v. ; 21 cm.

Seriada

1. Ciencias Puras – Publicaciones Periódicas
2. Ciencias Aplicadas – Publicaciones Periódicas
3. Ingeniería – Publicaciones Periódicas

Q4.R48 1999

505.R48 1999

*Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* Vol. 8, Número 1, 2010, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Biomédicas y de la Coordinación de Investigación y Posgrado del ICB y el Departamento de Ciencias Básicas. Editor responsable: Fernando Plenge Tellechea. Reserva al uso exclusivo otorgada por INDAUTOR Núm. 4-2007-030513570700-01 y el ISSN 2007-042X. Publicidad, anuncios y suscripciones, dirigirse a: *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, Heroico Colegio Militar 3775, 32310 Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Tel. (656) 688 18 85. Copyright © UACJ

Los manuscritos propuestos para publicación en esta revista deberán ser inéditos y no haber sido sometidos a consideración a otras revistas simultáneamente. Al enviar los manuscritos y ser aceptados para su publicación, los autores quedan que todos los derechos se transfieren a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, quien se reserva los de reproducción y distribución, ya sean fotográficos, en micropelícula, electrónicos o cualquier otro medio, y no podrán ser utilizados sin permiso por escrito de *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, véase además notas para autores.

Permisos para otros usos: el propietario de los derechos no permite utilizar copias para distribución en general, promociones, la creación de nuevos trabajos o reventa. Para estos propósitos, dirigirse a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, correo electrónico [fplenge@uacj.mx](mailto:fplenge@uacj.mx).

**CONTENIDO**

<i>Comportamiento de la carga nutrimental en drenes agrícolas del Valle de Juárez</i> Miguel Palomo-Rodríguez, Uriel Figueroa Viramontes, José de Jesús Espinoza Arellano y Arturo Reyes González.....	7
<i>Identificación de Cryptosporidium parvum, Cyclospora cayetanensis y otros parásitos intestinales en pacientes con diarrea</i> Dora Berenice Alvarado Samarrón y Evangelina Olivas Enríquez .....	15
<i>Is human sperm cryopreservation a real future option?</i> Rosana Ramírez-Ramírez, Alfredo Góngora, José Luis Gómez Olivares, Enrique Mendieta Márquez, Ma. Dolores García-Suárez, Arturo Salame-Mendez, Héctor Serrano.....	23
<i>Diversidad de hongos comestibles en los bosques de Bocoyna y Urique del estado de Chihuahua</i> Miroslava Quiñónez Martínez, Fortunato Garza Ocañas, Santos Anguiano Filio, Violeta Chacón Ramos, Susana Bernal Carrillo.....	29
<i>Uso de biosólidos estabilizados con cal como fertilizante orgánico en algodónero para el Valle de Juárez, Chihuahua</i> Uriel Figueroa Viramontes, Miguel A. Flores Ortiz, Miguel Palomo Rodríguez, Baltazar Corral Díaz y Juan P. Flores Margez.....	35
<i>Xenobióticos: una paradoja biomédica</i> Arturo Salame-Méndez, José Luis Gómez-Olivares, Rafael Valencia-Quintana, Alondra Castro-Campillo, José Ramírez-Pulido, María Dolores García-Suárez, Héctor Serrano.....	45

## ABSTRACTS

***Identification of Cryptosporidium parvum, Cyclospora cayetanensis and others intestinal parasites in patients with diarrhea***

Dora Berenice Alvarado Samarrón y Evangelina Olivas Enríquez .....15

Intestinal parasites represent an important problem of health in Mexico affecting mainly children. In 2006, a study was conducted in Ciudad Juarez, Chihuahua, to determine the prevalence of intestinal parasites among 100 patients with diarrhea. The examination of stool specimens for the detection of intestinal parasites involved two microscopic analyses: direct iodine wet mounts of fresh stool, and modified Ziehl-Neelsen stained smear. To accomplish this, the parasites *Cryptosporidium parvum* and *Cyclospora cayetanensis* detected by the microscopic technique of specimens, were size measured, to confirm their identification. The results show a high prevalence (62%) of parasites in patients with diarrhea, which were infected at least by one intestinal protozoa. This study yielded 4 different species of parasites, *Giardia lamblia* (41%), *Entamoeba histolytica/dispar* (20%), *Cryptosporidium parvum* (16%), and *Cyclospora cayetanensis* (16%). These last two parasites have been poorly studied in Mexico, and these results show that they should be considered common intestinal parasites in Mexico in the future.

**Key words:** Intestinal parasites, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*, *E.histolytica*.

***Is human sperm cryopreservation a real future option?***

Ramírez-Ramírez, Rosana; Góngora, Alfredo;

Gómez Olivares, José Luis; Mendieta Márquez, Enrique;

García-Suárez, Ma Dolores; Salame-Mendez, Arturo y Serrano, Héctor.....23

A comparison of the survival ratio for two cryopreservation pool samples was performed in order to test the possibility that an apparent damage could have been caused. One hundred human ejaculates were evaluated before and after being frozen for more than five years. Sperm morphology evaluation was carried out according to the World Health Organization (WHO). We found that damage and motility alterations correlate with the time that a spermatoc sample is maintained frozen in liquid nitrogen; the use of cryoprotector and extenders to control alterations in cells and solvents allowed us to obtain samples with better quality and longer storage time. The difference in global motility is minimal; however the amount of motile spermatozoa indicates that they can still be used in assisted reproductive techniques.

**Key words:** criopreservación, crioprotector, esperma humano.

***Diversity of edible fungus in the forest of Bocoyna and Urique of Chihuahua state.***

Miroslava Quiñónez Martínez, Fortunato Garza Ocañas,

Santos Anguiano Filio, Violeta Chacón Ramos, Susana Bernal Carrillo.....29

To present one list of forty-five species considerate edible in different site of the tarahumaran mountains, mainly the municipality of Bocoyna and Urique. To present one report of species to use for population of both municipality, in base interview. The consumption of edible fungi to restrict five species: *Amanita caesarea*, *A. rubescens*, *Hypomyces lactifluorum*, *Russula brevipes* and *Agaricus campestris*.

***Use of alkaline stabilized biosolids as organic fertilizer in cotton, in Valle de Juarez, Chihuahua***

Uriel Figueroa Viramontes, Miguel A. Flores Ortiz, Miguel Palomo Rodríguez,

Baltazar Corral Díaz y Juan P. Flores Margez.....35

The objective of this study was to evaluate the feasibility to use alkaline stabilized biosolids, as organic fertilizer in agricultural soils in the Valle de Juárez, Chihuahua. Biosolids were evaluated in a cotton crop. The treatments were: 1) 120 kg ha<sup>-1</sup> of available N in biosolids, 2) biosolids, at the same dosage as treatment 1, + 60 kg ha<sup>-1</sup> of N as fertilizer; 3) 120-60-00 kg ha<sup>-1</sup> of N-P-K as inorganic fertilizer, and 4) control with no nitrogen. The use of biosolids did not effect plant emergence nor crop establishment. Cotton yield (fiber plus seed) in plots with biosolids was nearly 2920 kg ha<sup>-1</sup>, compared with 3028 kg ha<sup>-1</sup> with inorganic fertilizers. Biosolids did not affect the beginning of flowering nor fiber quality. Soil inorganic N in plots with biosolids increased during the first four weeks after planting, then decreased when cotton began to form flower buds. Our results suggest that it is possible to estimate the rate of biosolids according to crop nitrogen requirement in order to reduce fertilization costs.

**Keywords:** Cotton, *gossypium hirsutum*, Nitrogen, soil pH.

***Xenobiotics: a biomedical paradox.***

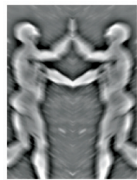
Arturo Salame-Méndez, José Luis Gómez-Olivares,

Rafael Valencia-Quintana, Alondra Castro-Campillo,

José Ramírez-Pulido, María Dolores García-Suárez y Héctor Serrano.....45

A consequence of the enormous increase of chemical and pharmaceuticals' industrial products widely used in different modern life aspects, is the induced pollution of our environment having impact not only on the atmosphere, and other environmental niches like sea, rivers, forest and culture fields but also on human, domesticated and wild animal health, threatening the survival of several species. In this communication, the most important xenobiotics are described along with their mechanism of action and environmental impact. We also give some examples of their negative effects on animal wildlife questioning the convenience of potentially irreversible environmental damages just for human progress making a biomedical paradox.

**Keywords:** Xenobiotics, Persistent Organic Compounds (POCs), endocrine disruption, health, reproduction, humans, animal wildlife, *Peromyscus*.



■ ARTÍCULO TÉCNICO

# Comportamiento de la carga nutrimental en drenes agrícolas del Valle de Juárez

Miguel Palomo-Rodríguez, Uriel Figueroa Viramontes,  
José de Jesús Espinoza Arellano y Arturo Reyes González

## RESUMEN

Durante un año de muestreos bimestrales, se colectó agua de drenes agrícolas ubicados en San Isidro, Caseta, Placitas, Colonia Esperanza y Porvenir en Valle de Juárez, Chihuahua, para establecer el comportamiento de la carga nutrimental. Para propósitos de comparación se analizó mensualmente y durante un año agua residual cruda en Loma Blanca. Fueron determinados nitrógeno total, amoniacal, nitratos y nitritos, así como fósforo, fosfatos totales, ortofosfatos, fluoruros y sólidos suspendidos totales. El dren San Isidro recibió aportaciones de agua residual y la concentración de N-total, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, fósforo, fosfatos totales, ortofosfatos, fluoruros y SST se aproximaron a los valores del agua residual cruda. El dren Placitas excedió la concentración que presenta el agua residual para N-total, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub> y fluoruros, por la alta carga nutrimental incorporada de los corrales de ganado lechero y lixiviación de fertilizantes nitrogenados que se utilizan en la producción agrícola y que se incorporan al sistema de drenaje; el mismo dren placitas presentó elevadas concentración de fósforo, fosfatos totales y ortofosfatos aunque sus valores fueron menores a los de agua residual. La presencia de nitratos es tres veces superior que la del agua residual cruda para los drenes de Col. Esperanza y Porvenir, producto del lixiviado que presentan los fertilizantes nitrogenados y que convergen a los drenes dispuestos a cielo abierto.

**Palabras clave:** nitrógeno, fósforo, agua residual.

## INTRODUCCIÓN

Los drenes agrícolas constituyen importantes evidencias de contaminación en el sector agropecuario, donde los fertilizantes nitrogenados juegan un

papel determinante en fomentar este problema; los drenes son estructuras hidráulicas que se localizan a cielo abierto y sin revestir, tienen como función colectar los excesos de riego y escurrimientos superficiales de la precipitación ocasional, además

evitan que el agua freática somera, ocasione un permanente estado de humedad en los cultivos (Evans *et al.*, 1998).

Existen diversos estudios de caracterización que muestran evidencias de altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, lo que puede constituir riesgos de contaminación al agua freática somera. La red de drenes agrícolas que se ubican en las zonas de producción, permiten evacuar los excesos de riego y precipitación ocasional, los cuales convergen hacia los drenes en forma de escurrimientos superficiales-subterráneos, o bien se incorporan como una fracción de la percolación profunda (Thomas *et al.*, 1987); al evacuar los excesos de agua de las parcelas de cultivo, se remueven importantes volúmenes de fertilizantes nitrogenados que ponen en riesgo la seguridad de los acuíferos al contaminarlos (Cristóbal *et al.*, 2002).

El Valle de Juárez es una zona agrícola que tiene diversificadas sus fuentes de riego, que en total representan 179 millones de m<sup>3</sup> (Mm<sup>3</sup>), conformadas por agua del río Bravo (41.5%), agua residual (35.7%) y agua del subsuelo (22.9%), esta última que es de naturaleza variadamente salina y salinosódica, sin considerar el agua extraída por pozos particulares, ni la extraída de la red de drenaje agrícola y que es común utilizarla en la parte final del Distrito de Riego 009 (DR-009), (Rincón *et al.*, 2005), (Palomo-Rodríguez y Villalba, 1987). Durante los meses julio a septiembre se presenta una fuerte escasez de agua de riego, sobre todo en la tercera unidad del DR-009 (Praxedis a Porvenir), lo que permite el bombeo ocasional del agua de los drenes agrícolas para abastecer la demanda hídrica del algodónero (Palomo-Rodríguez, 2005).

El mayor riesgo de utilizar agua de drenaje agrícola es la elevada concentración salina, que puede fomentar adicionalmente un proceso de salinización acelerado de los suelos (Palomo-Rodríguez, 2010; Palomo-Rodríguez y Chew, 2009). El agua residual y residual mezclada que se utiliza en el DR-009, presenta una elevada carga nutrimental en el área próxima a Ciudad Juárez y decrece

progresivamente hacia el final del Valle debido al efecto de dilución que registra, por el mezclado que se lleva a cabo con agua del Tratado Internacional (Río Bravo y agua de bombeo profundo) tal como lo señalan Palomo-Rodríguez y Figueroa (2005). Esta condición plantea la hipótesis de que los drenes agrícolas y agua freática somera de la localidad, pueden presentar elevadas concentraciones de nitrógeno y fósforo en sus diferentes formas, por el uso de fertilizantes inorgánicos y orgánicos, además pueden presentarse otros contaminantes diversos. Con fundamento en este planteamiento, el objetivo de la presente investigación, fue evaluar el comportamiento de la carga nutrimental (nitrógeno-fósforo), así como la presencia de fluoruros y sólidos suspendidos totales en cinco drenes agrícolas a lo largo del Valle de Juárez, Chihuahua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la zona agrícola del Valle de Juárez Chihuahua, ubicada entre las localidades Zaragoza (31° 07' 24" a 31° 08' 54" de latitud norte y 105° 45' 15" a 105° 43' 23" de longitud oeste) hasta Cedillos (31° 39' 38" a 31° 38' 54" de latitud norte y 106° 20' 06" a 106° 21' 10" de longitud oeste), sobre el límite fronterizo con el río Bravo. Previo a la inauguración y operación de las plantas de tratamiento de agua residual de Ciudad Juárez, se llevó a cabo el presente estudio como parte del proyecto "Contaminación de la agricultura del Valle de Juárez, Chihuahua por el uso de agua residual" mismo que fue financiado por Conacyt y desarrollado por INIFAP y la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez (JMAS). Los resultados presentados en este artículo, forman sólo una parte del proyecto.

Fue colectada agua de cinco drenes agrícolas en las localidades: a) San Isidro (Km. 26) a la altura del mismo ejido, b) dren Caseta (Km. 42) a la altura de la Escuela Secundaria Técnica No. 10, c) dren Placitas (Km. 57) en dirección a las Lomas, d) dren Colonia Esperanza (Km. 67) previo a la en-



trada del ejido del mismo nombre, e) dren Porvenir (Km. 80) abajo del puente internacional Fort Hancock que une a México y Estados Unidos (Cuadro 1); la frecuencia de muestreos se realizó por espacio de un año y en forma bimestral para agua de drenes agrícolas. Para propósitos de comparación se muestreó el agua residual cruda por espacio de un año con muestreos mensuales en la localidad de Loma Blanca.

**Cuadro 1.** Ubicación georreferenciada de los drenes de muestreo y sitio de colecta del agua residual cruda en Valle de Juárez.

Dren agrícola	Coordenadas
San Isidro	31° 35' 10.09" N y 106° 17' 18.56" W
Caseta	31° 25' 05.41" N y 106° 08' 54.40" W
Placitas	31° 21' 13.39" N y 106° 01' 51.30" W
Colonia Esperanza	31° 20' 05.32" N y 106° 58' 36.04" W
Porvenir	31° 16' 19.24" N y 105° 51' 18.84" W
Agua residual	Coordenadas
Loma Blanca	31° 35' 48.20" N y 106° 18' 14.94" W

La colecta de muestras se realizó por duplicado en recipientes de plástico y el medio de transporte se realizó en ambiente de 4 °C, en tanto la preservación se realizó de acuerdo a lo indicado en el cuadro 2. Tanto el medio de preservación, como las determinaciones analíticas y control de calidad en laboratorio se desarrollaron de acuerdo con lo indicado por APHA-AWWA-WPCF (1992). La selección de sitios de muestreo estuvo condicionada a mostrar una representatividad en tiempo y espacio. Los parámetros determinados fueron nitrógeno total, nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub>), nitratos (N-NO<sub>3</sub>), nitritos (N-NO<sub>2</sub>), fósforo, fosfatos totales, ortofosfatos, fluoruros y sólidos suspendidos totales (SST), de acuerdo con los procedimientos de APHA-AWWA-WPCF (1992).

Durante el periodo de estudio, el dren San Isidro recibió aportaciones de agua residual a la altura de Loma Blanca y es el único colector que recorre el Valle de Juárez en su totalidad hasta donde finaliza el DR-009. Ninguno de los drenes estudiados se encuentra inter-conectado con otros drenes a lo largo del DR-009, de manera que los resultados pueden estar asociados a la decreciente concentración que guarda cada nutrimento del agua residual utilizada por los productores, así como por el uso de fertilizantes nitrogenados y fosforados.

**Cuadro 2.** Medios de preservación utilizados en el estudio, de acuerdo a APHA-AWWA-PCF (1992).

Parámetro	Medio de preservación	Recipiente
N-total, N-NH <sub>4</sub> , fósforo, fosfatos totales	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH < 2	Plástico
N-NO <sub>3</sub> , N-NO <sub>2</sub> , ortofosfatos, fluoruros, SST	No requiere	Plástico

Las muestras se trasladaron en ambiente de 4 °C.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró una desviación estándar que supera a la concentración promedio de N-total, fosfatos totales y ortofosfatos (dren Caseta); N-NO<sub>3</sub> y N-NO<sub>2</sub> (dren San Isidro); N-NO<sub>2</sub> (dren Placitas) y fosfatos totales (dren Porvenir), producto de las variaciones extremas en la concentración de cada parámetro evaluado durante el periodo de estudio (cuadros 3, 4 y 5). El dren San Isidro presentó una concentración promedio que fue cercana a la del agua residual cruda para los parámetros nitrógeno total, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, fósforo y fosfatos totales, que osciló entre 91 y 98% (cuadros 3, 4 y 5), debido a las incorporaciones que agua residual que presentó este dren durante el desarrollo del estudio. Solamente N-NO<sub>2</sub> fue similar a la del agua residual, en tanto los parámetros no nutrimentales como fluoruros excedieron en 5% al del agua residual y SST

presentó una concentración que es sólo el 50% a la del agua residual cruda.

Los drenes San Isidro y Placitas presentaron la mayor proporción promedio de nitrógeno orgánico, con 10.74 y 9.61 mg l<sup>-1</sup>, en comparación con los drenes Caseta, Colonia Esperanza y Porvenir que en promedio aportan entre 1 a 2 mg l<sup>-1</sup>; lo anterior obedece a que el dren San Isidro recibe aportaciones de agua residual cruda.

La mayor concentración de nitrógeno total y N-NH<sub>4</sub>, lo registra el dren Placitas que supera en 3.6% al del agua residual de Ciudad Juárez, en tanto posee 9.14% más nitrógeno amoniacal que el agua residual cruda; en lo que respecta a nitratos el dren San Isidro y Placitas presentan concentraciones que son cercanamente similares a los del agua residual por las incorporaciones de agua residual y corrales ya señalados (cuadro 3).

Para los drenes Caseta, Colonia Esperanza y Porvenir se encontraron evidencias de alta concentración de nitratos; estos compuestos químicos pueden provenir de los fertilizantes nitrogenados de origen orgánico e inorgánico que son lixiviados de las parcelas de cultivo. El dren Caseta duplica la concentración de nitratos y el dren Colonia Esperanza la triplica, con respecto a la que ofrece el agua residual cruda, en tanto el dren Porvenir que es prácticamente la parte final del DR-009, presenta una concentración de nitratos superior en 2.4 veces a la del agua residual cruda de Ciudad Juárez.

La concentración de N-NO<sub>2</sub> aumenta al doble su concentración para los drenes de Caseta y Colonia Esperanza, con respecto a la concentración que presenta el agua residual cruda, en tanto para Placitas aumenta en 1.42 su proporción. Esto obedece al uso de fertilizantes nitrogenados, donde una proporción de los lixiviados se incorpora al sistema de drenes agrícolas (cuadro 4).

El agua de los drenes es rica en nutrimentos, al grado que las mayores aportaciones de nitrógeno se pueden traducir hasta en 26 kg. ha<sup>-1</sup> para San

Isidro por cada riego de auxilio en la que se aplique una lámina de riego de 15 centímetros, en tanto para Placitas es de 29 kg. N ha<sup>-1</sup>, para Colonia Esperanza se pueden incorporar hasta 22 Kg. N ha<sup>-1</sup> y finalmente para Caseta corresponden 18 Kg. N ha<sup>-1</sup>. El dren Porvenir es el que menos aportaciones registra de nutrientes nitrogenados, sin embargo las concentraciones de N-NO<sub>3</sub> son las más altas registradas, junto con el dren de Colonia Esperanza.

Para el caso de fósforo y fosfatos totales (cuadro 4), se tiene que el dren Placitas tiene una concentración que representa al 72% respectivamente a la que ofrece el agua residual cruda de Ciudad Juárez. Para los drenes Caseta y Porvenir es relativamente baja la concentración de fósforo con el 14.5 y 2.6% respectivamente al agua residual cruda. Finalmente para fosfatos totales se tiene que en los drenes Caseta y Porvenir poseen una concentración que es 13.8% a la que registra el agua residual cruda.

El dren Placitas posee altas concentraciones de ortofosfatos, sin embargo, la menor concentración fue establecida para los drenes Caseta, Colonia Esperanza y Porvenir (cuadro 5). Para los parámetros no nutritivos evaluados en el estudio, se tiene que para fluoruros se registran concentraciones elevadas para el dren Caseta, que equivale a tres veces a las registradas en agua residual de Ciudad Juárez; los drenes Placitas, Colonia Esperanza, Porvenir y San Isidro superan en 36% a la concentración de fluoruros que ofrece el agua residual cruda; estudios generados en drenes agrícolas para Sonora indican concentraciones de fluoruros de 0.64 mg l<sup>-1</sup> (López y Lechuga, 2001) y que son próximos al contenido que registra el agua residual cruda de Ciudad Juárez.

En relación con los sólidos disueltos totales se tiene que la mayor presencia se localiza en los drenes Placitas, lo que representa el 70% del contenido que posee el agua residual cruda. El dren Caseta aporta igualmente una alta cantidad de SST que es 68% del valor que presenta el comparativo de agua residual cruda.

**Cuadro 3.** Concentración promedio y desviación estándar de nitrógeno en diferentes formas para cinco drenes agrícolas del Valle de Juárez, Chihuahua.

Dren	N-total	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>
	mg l <sup>-1</sup>		
San Isidro	28.100 ± 10.06	17.25 ± 2.85	0.087 ± 0.090
Caseta	13.643 ± 13.92	12.40 ± 5.80	0.184 ± 0.051
Placitas	29.583 ± 8.32	19.85 ± 1.85	0.087 ± 0.048
Col. Esperanza	16.793 ± 12.03	14.40 ± 4.10	0.271 ± 0.195
Porvenir	4.140 ± 3.09	5.65 ± 1.69	0.221 ± 0.011
<b>Concentración media anual del agua residual cruda<sup>†</sup></b>	28.530	18.186	0.092

Referencia para propósitos de comparación.

**Cuadro 4.** Concentración promedio y desviación estándar de nitratos, fósforo y fosfatos totales, para cinco drenes agrícolas del Valle de Juárez, Chihuahua.

Dren	N-NO <sub>2</sub>	Fósforo	Fosfatos totales
	mg l <sup>-1</sup>		
San Isidro	0.021 ± 0.026	8.170 ± 3.418	25.083 ± 10.492
Caseta	0.042 ± 0.022	1.388 ± 1.185	3.885 ± 4.740
Placitas	0.030 ± 0.031	6.475 ± 1.890	19.850 ± 5.811
Col. Esperanza	0.039 ± 0.038	3.531 ± 3.351	10.716 ± 10.312
Porvenir	0.025 ± 0.018	0.242 ± 0.005	3.827 ± 4.363
<b>Concentración media anual del agua residual cruda<sup>†</sup></b>	0.021	8.920	27.376

Referencia para propósitos de comparación.

**Cuadro 5.** Concentración promedio y desviación estándar de ortofosfatos, fluoruros y sólidos suspendidos totales en cinco drenes agrícolas del Valle de Juárez, Chihuahua.

Dren	Ortofosfatos	Fluoruros	SST
	mg l <sup>-1</sup>		
San Isidro	15.436 ± 6.204	0.728 ± 0.086	94.20 ± 84.91
Caseta	2.487 ± 3.823	2.253 ± 0.031	127.80 ± 41.31
Placitas	14.001 ± 6.395	0.945 ± 0.181	134.00 ± 64.39
Col. Esperanza	2.355 ± 1.978	0.816 ± 0.205	57.75 ± 11.54
Porvenir	1.090 ± 0.790	0.709 ± 0.035	106.00 ± 21.60
<b>Concentración media anual del agua residual cruda<sup>†</sup></b>	19.782	0.691	186.58

Referencia para propósitos de comparación.

## CONCLUSIONES

1. El dren San Isidro recibió aportación de nutrientes del agua residual durante el periodo del estudio y con ello la concentración de nitrógeno total, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, fósforo, fosfatos totales y ortofosfatos fue cercana a la del agua residual cruda de Ciudad Juárez.

2. El dren Placitas excedió la concentración de N-total, N-NH<sub>4</sub> y N-NO<sub>2</sub>, así como al parámetro no nutrimental fluoruros, con respecto a la concentración promedio que registró el agua residual cruda.

3. La mayor presencia de N-NO<sub>3</sub> se presentó en los drenes Colonia Esperanza y Porvenir que se encuentran próximos al finalizar el DR-009, debido al excesivo uso de fertilizantes nitrogenados que se encuentran en solución y son lixiviados y fluyen eventualmente a los drenes agrícolas.

4. El caso de N-NO<sub>2</sub> señala concentraciones superiores a las del agua residual donde Caseta > Colonia Esperanza > Placitas > Porvenir, en tanto el dren San Isidro ofrece concentraciones iguales a las del agua residual.

## AGRADECIMIENTOS

En el proyecto “Contaminación en la agricultura del Valle de Juárez por el uso de agua residual” financiado por Conacyt y desarrollado por INIFAP-JMAS, se determinaron metales pesados y metaloides, parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y compuestos orgánicos volátiles-plaguicidas. Aunque el presente artículo aborda solamente la carga nutrimental de drenes, se expresa el agradecimiento al grupo multidisciplinario de profesionistas conformado por: Cecilia Grajeda Máuregui, Dora Alicia Becerra Gutiérrez, Patricia Marcela Ramírez Rodríguez, Luis Armando Chihuahua García, Zulema Poncio Acosta, Laura Elena Santana Contreras, Daniel Delgado Alvarado, Elena Vale Ochoa, Lorena Díaz Gutiérrez, Carolina Pérez Castillo, Saraí

de la Cruz García, Ana Rosa Alvarado Arciniega, Néstor Velásquez Celis y Raúl Monárrez.

## REFERENCIAS

- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17 Edition. Washington. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation.
- Cristóbal, A.D., O. Palacios, G. Nikolskii, F. Gavi, D. Palma, E. Carrillo y J. Peña. 2002. “Lixiviación de nitrógeno en función del espaciamiento entre drenes subterráneos en Tabasco”. En: *Agrociencia* 36: 291-304.
- Evans R.O., J. William y R. Skaggs. 1989. “Managing water table management systems for water quality”. En: *Irrig. Drain Div.*, ASCE p. 237.
- López R.O. y Lechuga M.A. 2001. “Contaminantes en los cuerpos de agua del sur de Sonora”. En: *Salud Pública en México*. 43(4): 298-305.
- Palomo-Rodríguez, M. 2010. Influencia del nivel freático somero sobre el proceso de salinización del suelo en Valle de Juárez, Chihuahua. En: *Memorias de la XXII Semana Internacional de Agronomía*. FAZ-UJED, México, pp. 636-640.
- Palomo-Rodríguez M., y M.Y. Chew. 2009. “Proceso de salinización del suelo ocasionado por niveles de salinidad en el agua y frecuencias de aplicación del riego en algodónero”. En: *Memorias de la XXI Semana Internacional de Agronomía*. FAZ-UJED, México, pp. 545-550.
- Palomo-Rodríguez, M. 2005. “Descripción hidroagrológica del Valle de Juárez en búsqueda de soluciones para la conservación del agua”. En: Rincón V.C., Palomo-Rodríguez, M.C. Medina y V.U. Figueroa. (Eds). *Asociaciones de colaboración binacional para la conservación del agua en la Región Paso del Norte*. Ciudad Juárez. Environmental Defense-Paso del Norte Water Task Force-INIFAP. P. 103.

- Palomo-Rodríguez, M. y V.U. Figueroa. 2005. "Variabilidad espacial de nutrientes en agua residual del Valle de Juárez, Chihuahua". En: *Agrofaz*. 5(3): 95-103.
- Palomo-Rodríguez, M. y A.A. Villalba. 1987. "Geoquímica de aguas subterráneas de utilización agrícola en una zona árida". En: *Bol. Dpto. Geol. UNI-SON* 4(1): 65-76.
- Rincón, V.C., O.M. Flores, M. Palomo-Rodríguez y V.L. Soto. 2005. "Promoción de colaboraciones participativas para la conservación del recurso agua en la región Paso del Norte". En: *Memorias del Simposio "Asociaciones de colaboración binacional para la conservación del agua en la región Paso del Norte"*. Ciudad Juárez. Environmental Defense-Paso del Norte Water Task Force-INIFAP. P. 103.
- Thomas, D.L., A. Shirmohammadi y R. Lowrance. 1987. "Evaluation of surface and outflow water quality from drainage-subirrigation system in the Georgia Flatwoods". En: *Agric. Eng. Dep. Publ.*, University of Georgia, pp. 3-86.



■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Identificación de *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora cayetanensis* y otros parásitos intestinales en pacientes con diarrea

Dora Berenice Alvarado Samarrón\*\* y Evangelina Olivas Enríquez\*\*\*

## RESUMEN

Los parásitos intestinales representan un importante problema de salud en México, principalmente a los niños. En el 2006 se realizó un estudio en 100 pacientes con diarrea, con el fin de determinar la prevalencia de parásitos intestinales. Se analizaron muestras fecales por las técnicas microscópicas de tinción directa con Lugol y tinción de Ziehl-Neelsen confirmando con mediciones. Los resultados mostraron un 62% de pacientes parasitados, por lo menos con un parásito, pudiendo correlacionarse en estos casos la diarrea con una infección parasitaria. Los parásitos identificados fueron *Giardia lamblia* (41%), *Entamoeba histolytica* (20%), *Cryptosporidium parvum* (16%) y *Cyclospora cayetanensis* (16%). Este estudio demostró que también *Cryptosporidium* y *Cyclospora* en el futuro deberían considerarse como parásitos comunes en México.

**Palabras clave:** parásitos intestinales, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*, *E. histolytica*

## INTRODUCCIÓN

Las infecciones intestinales representan un importante problema de salud en México y en general en los países en vías de desarrollo, que se acentúa principalmente en las áreas carentes de servicios sanitarios. Estas infecciones afectan a adultos, pero

más severamente a los niños (Devera *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2000). La diarrea es el síntoma principal en las infecciones intestinales, pero no el único, variando las causas, entre ellas se encuentran algunos virus, bacterias y parásitos (Gerrant, 2001; Calles *et al.*, 2004).

\*Este trabajo es parte de la tesis de licenciatura de Dora Berenice Alvarado S.

\*\*Bióloga. Correo electrónico: gusalina\_dbas@hotmail.com

\*\*\* Maestría en Ciencias. Correo electrónico eolivas@uacj.mx. Adscripción: Lab. de investigación Microbiología, ICB, UACJ.

Los parásitos comúnmente asociados con infecciones gastrointestinales son *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichura*, *Taenia solium*, *T. saginata* e *Hymenolepis* sp., (Flisser y Pérez, 2006; Yriberry y Cervera, 2002). Por lo que respecta los protozoarios *Cryptosporidium* y *Cyclospora*, no han sido muy estudiados en México a pesar que ya se cuenta con bastantes datos en la literatura internacional (McKenzie, 1995; Garcia *et al.*, 2006).

*Entamoeba histolytica* es un protozoario de transmisión fecal oral. Causante de la disentería amibiana, una infección caracterizada por diarrea, sangre y moco. No se le conocen animales reservorios. La amibiasis es una de las parasitosis más importantes del mundo, observándose con mayor frecuencia en países pobres. Se han reportado alrededor de 500 millones de oersibas infectadas en todo el mundo con una mortalidad que oscila entre 40 000 y 110 000 casos por año (Mora *et al.*, 2005). Es un protozoario que en su ciclo vital muestra 2 fases, en una es la de trofozoito parásito en la pared del colon, causando úlceras y perforaciones colitis fulminante y muerte. Desde ahí puede invadir el hígado y otros órganos. La fase de quiste sale al exterior en las heces del paciente, el cual presenta una alta capacidad para sobrevivir en el ambiente en condiciones extremas hasta ser ingerido por un nuevo huésped, junto con el agua y alimentos contaminados con heces, retornando a su fase de trofozoito (Flisser y Pérez, 2006; Roussel, 2003).

*Giardia lamblia* es un protozoario causante de diarrea intestinal, con una mayor prevalencia en niños de países subdesarrollados, en guarderías infantiles y orfanatorios (Luján, 2006). Presenta un gran número de animales reservorios que multiplican el riesgo de infección humana, es de transmisión fecal-oral. Presenta dos fases, una de ellas es el trofozoito parásito, metabólicamente activa, que coloniza el epitelio del intestino delgado; la otra fase está constituida por los quistes que son eliminados junto con las heces, caracterizado por su capacidad para sobrevivir en el ambiente, hasta

que son ingeridos por un nuevo huésped, junto con el agua y alimentos contaminados, volviendo a su condición de parásito (Tay y Sánchez, 2002). Estos quistes muestran una alta resistencia para sobrevivir en el agua durante meses, incluyendo el agua potabilizada con cloro, factor que los hace más peligrosos (Hissig, 2004).

*Cryptosporidium parvum* es un protozoario con un ciclo de vida complejo, con fases sexuales y asexuales. Sus trofozoitos se desarrollan como parásitos intracelulares en el epitelio intestinal y producen ooquistes que se eliminan en las heces; éstos se caracterizan por una alta capacidad para sobrevivir no sólo en el ambiente, sino en el agua, incluyendo el agua potabilizada con cloro (al igual que *G. lamblia*). Además del humano, presenta una amplia gama de animales hospederos, que actúan como reservorios del parásito y fuentes constantes de quistes. *C. parvum* es un parásito poco estudiado en México, pero ya bastante conocido en los países desarrollados, principalmente debido a su habilidad para producir epidemias transmitidas por agua, causando diarrea severa en inmunodeficientes, principalmente en pacientes con sida, sin cura y de por vida, aun con tratamiento (Tay y Sánchez, 2002). Por otro lado, está demostrado que *C. parvum* es más frecuente de lo pensado, en la población común de los países en desarrollo, aunque en estos casos es causante de diarreas de corta duración y curación espontánea (Flisser y Pérez, 2006; Cermeño *et al.*, 2004; Sánchez, 2002; Rodríguez *et al.*, 2002). La fuente de transmisión de *Cryptosporidium* es fecal-oral, mediante la ingestión de agua o alimentos contaminados con heces, así como por actividades acuáticas en ríos, lagos, manantiales, estanques y otros espacios recreativos, y también es común el contagio de persona a persona (Widmer *et al.*, 1996; Sánchez, 2002; Rodríguez *et al.*, 2002).

*Cyclospora cayetanensis*, es un protozoario casi desconocido en México, recientemente descrito en Estados Unidos, como parásito transmitido en frutas frescas (Fresas) procedentes de Centro-



américa y México (Solarte *et al.*, 2006; Sterling y Ortega, 1997). Al igual que *C. parvum* presenta un ciclo vital complejo, produce una fase de trofozoito parásita, y una fase de quiste (Ashford, 1979). Su transmisión es fecal-oral. No se le conocen animales reservorios (Tay y Sánchez, 2002; Santana *et al.*, 2000).

El presente estudio se desarrolló con el fin de determinar los parásitos intestinales comunes, en una población de pacientes con diarrea, mediante técnicas coproparasitológicas, así como la posible presencia de otros parásitos poco estudiados en nuestro país, como *Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayetanensis*, mismos que podrían ser comunes en México, debido a las condiciones sanitarias inadecuadas encontradas con frecuencia en diferentes poblaciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Muestras:** En esta investigación fueron analizadas 100 muestras fecales de pacientes cuyo síntoma era solamente la diarrea, sin tomar en cuenta el sexo, edad, ni estatus social y la única finalidad era determinar si estaban involucrados parásitos intestinales, ya fueran comunes o de los poco estudiados en México, como *C. parvum* y *C. cayetanensis*. Consistieron de heces de pacientes con diarrea, obtenidas del Hospital Municipal de Ciudad Juárez, conservadas en formol al 10%, una muestra por paciente (DPDx).

**Tinción con Lugol:** Una muestra de materia fecal se tomó con un aplicador y se colocó en una gota de Lugol entre porta y cubre. Enseguida se observó al microscopio con el fin de buscar e identificar parásitos intestinales comunes (Pietrzak-Johnston *et al.*, 2000).

**Tinción Ziehl-Neelsen modificada:** Con la ayuda de un aplicador se extendió un frote delgado del material fecal sobre un portaobjeto y se dejó secar a temperatura ambiente; en seguida se cubrió con metanol para fijar 3 minutos, y se tiñó con carbolfuscina 10 minutos, se lavó con agua y se de-

coloró con alcohol ácido 2 minutos. Se coloreó con verde de malaquita 3 minutos, se lavó con agua, y se dejó secar (SGDIA, 2003). Los ooquistes coccidios intestinales vistos al microscopio son de color rojo fucsia, debido a su ácido-resistencia (Santana *et al.*, 2001), sin embargo, las medidas difieren (Flisser y Pérez, 2006).

**Identificación de los parásitos:** Se utilizaron laminillas fijas control de parásitos comunes humanos teñidos con lugol, así como controles de coccidios teñidos con Ziehl-Neelsen (Scientific Device laboratory, Inc.) y con fotografías de libros y artículos científicos (Flisser y Pérez, 2006; Tay y Sánchez, 2002).

**Medición al microscopio:** Los ooquistes de parásitos previamente teñidos con Ziehl-Neelsen se midieron, como una prueba complementaria. Para este fin, se utilizó el programa de computadora Motic Plus 2.0, con una cámara adaptada al microscopio se midieron los ooquistes en las preparaciones de las muestras, identificadas como *Cryptosporidium* o *Cyclospora* por el color rojo (Ácido-resistente), y se compararon con las medidas específicas reportadas para cada uno de ellos, *Cryptosporidium* 4 a 6  $\mu\text{m}$ , *Cyclospora* 8 a 10  $\mu\text{m}$ , e *Isospora* 25 a 30  $\mu\text{m}$  de largo y 12 a 20  $\mu\text{m}$  de ancho, para decidir si se trataba con exactitud de *Cryptosporidium*, *Cyclospora* o *Isospora*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 100 muestras fecales de pacientes con diarrea, una muestra por paciente, proporcionadas por el Hospital municipal de Ciudad Juárez, con el fin de determinar la asociación con posibles parásitos intestinales, mediante la tinción de Ziehl Neelsen.

En las tablas I y II, se observa que el mayor número de muestras positivas, correspondió a los parásitos *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica*. En la Tabla III y en la fig. 1 se observan los porcentajes de muestras positivas.

**Tabla I.** Muestras positivas a parásitos intestinales, en 100 pacientes con diarrea (1/ paciente)

# de muestras positivas N	Tipo de parásito
6	<i>E. histolytica</i>
28	<i>G. lamblia</i>
3	<i>E. histolytica</i> y <i>G. lamblia</i>
3	<i>C. parvum</i>
3	<i>C. cayetanensis</i>
2	<i>C. parvum</i> y <i>C. cayetanensis</i>
1	<i>G. lamblia</i> y <i>C. cayetanensis</i>
4	<i>E. histolytica</i> y <i>C. cayetanensis</i>
1	<i>G. lamblia</i> y <i>C. parvum</i>
2	<i>E. histolytica</i> y <i>C. parvum</i>
3	<i>C. parvum</i> , <i>E. histolytica</i> y <i>G. lamblia</i>
4	<i>C. parvum</i> , <i>C. cayetanensis</i> y <i>G. lamblia</i>
1	<i>C. cayetanensis</i> , <i>E. histolytica</i> y <i>G. lamblia</i>
1	<i>C. cayetanensis</i> , <i>C. parvum</i> y <i>E. histolytica</i>

**Tabla II.** % de muestras positivas a parásitos intestinales en 100 pacientes con diarrea (1/paciente)

% de muestras positivas	Tipo de parásito
28%	<i>G. lamblia</i>
6%	<i>E. histolytica</i>
4%	<i>E. histolytica</i> y <i>C. cayetanensis</i>
4%	<i>C. parvum</i> , <i>C. cayetanensis</i> y <i>G. lamblia</i>
3%	<i>C. cayetanensis</i> , <i>E. histolytica</i> y <i>G. lamblia</i>
3%	<i>C. parvum</i>
3%	<i>C. cayetanensis</i>
3%	<i>E. histolytica</i> y <i>G. lamblia</i>
2%	<i>C. parvum</i> y <i>C. cayetanensis</i>
2%	<i>E. histolytica</i> y <i>C. parvum</i>
1%	<i>G. lamblia</i> y <i>C. cayetanensis</i>
1%	<i>G. lamblia</i> y <i>C. parvum</i>
1%	<i>C. cayetanensis</i> , <i>E. histolytica</i> y <i>G. lamblia</i>
1%	<i>C. cayetanensis</i> , <i>C. parvum</i> y <i>E. histolytica</i>

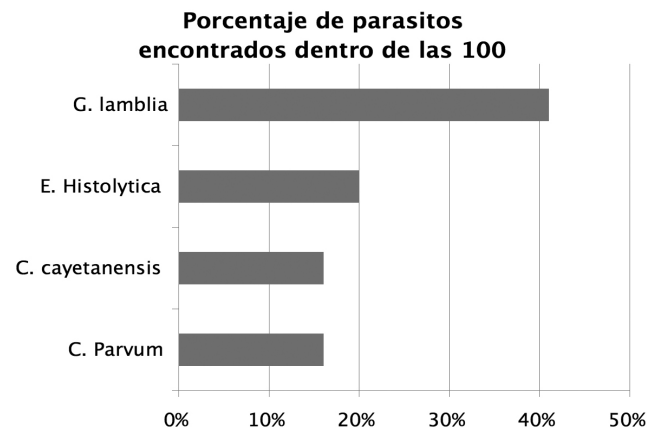
**Tabla III.** Porcentaje de muestras positivas a parásitos en 100 pacientes con diarrea (Una muestra por paciente).

Tipo de parásito	Porcentaje de muestras positivas
<i>Giardia lamblia</i>	41%
<i>Entamoeba histolytica</i>	20%
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	16%
<i>Cryptosporidium parvum</i>	16%

### Muestras analizadas 100%

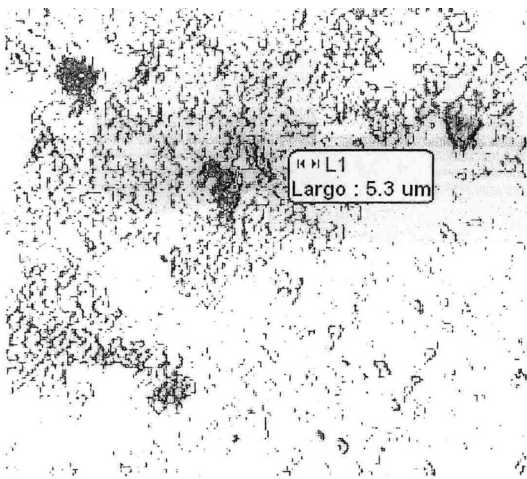


**Fig. 1.** Porcentaje de muestras positivas a algún parásito, en 100 pacientes con diarrea.

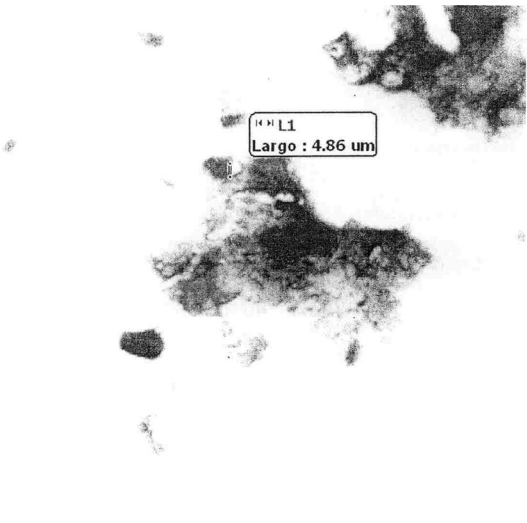


**Fig. 2** Porcentaje de muestras con parásitos.

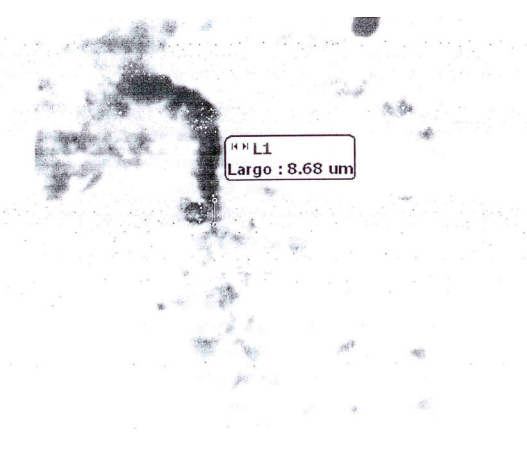
En la Fig. 2 se presentan los datos de la tabla III graficados, para una mayor comprensión. En las figuras 3 y 4, se muestran algunas de las fotografías tomadas a las muestras positivas a la tinción de Ziehl-Neelsen modificada, correspondientes a *C. parvum*, con sus respectivas medidas. En la Fig. 5 se observa un ooquiste *C. cayetanensis* con sus medidas correspondientes.



**Fig. 3.** Muestra positiva a *C. parvum* por Ziehl-Neelsen modificada.



**Fig. 4** Muestra Positiva a *C. parvum* por Ziehl-Neelsen modificada.



**Fig. 5** Muestra positiva a *C. cayetanensis* por Ziehl-Neelsen modificada.

La tinción de Lugol permitió identificar protozoarios parásitos intestinales como *G. lamblia* y *E. histolytica*, y no se encontraron huevos de helmintos, lo cual corrobora los datos de la literatura en ambos casos, ya que Ciudad Juárez, no es área endémica para la mayoría de las helmintiasis, a excepción de *Taenia sp.* e *Hymenolepis sp.* (Flisser y Pérez, 2006; Saredi, 2002). La tinción de Ziehl-Neelsen modificada complementada con mediciones, permitió identificar protozoarios del grupo coccidios, como *Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayetanensis*. De acuerdo a la gráfica de la figura 2, se puede observar una notable diferencia entre el número de muestras positivas a *G. lamblia*, luego le sigue *E. histolytica*, después *C. parvum* y *C. cayetanensis*.

En esta investigación se cumplió el objetivo principal, de relacionar la diarrea de los pacientes con parásitos intestinales, ya que el 62% de las muestras fecales estudiadas, mostró la presencia de parásitos, ya fuera de un solo tipo o multiparasitismo (fig. 1).

En la tinción de muestras con Lugol, se detectaron quistes de *Giardia lamblia* y de *Entamoeba histolytica* (20%), datos que concuerdan con los reportados en la literatura, ya que estos dos parásitos intestinales se encuentran ampliamente distribuidos en México (Muñoz, 2006; Calles, R. et al., 2004 y Núñez, F. et al., 2003). De un total de 20 muestras con *E. histolytica*, en 5 de ellas hubo correlación con la presencia de sangre y moco. En la identificación de parásitos poco comunes como *Cryptosporidium* y *Cyclospora*, se aplicó la tinción de Ziehl-Neelsen modificada, complementada con mediciones al microscopio, pudiéndose identificar a *Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayetanensis*, en proporción al 16% (tabla III; figs. 11-16) en cada uno de los dos parásitos. En estos resultados es notoria una menor prevalencia de este tipo de parásitos (tabla III), con respecto a *E. histolytica* y a *G. lamblia* (20% y 41%). De un total de 100 pacientes estudiados, el 22% mostró más de un tipo de parásito (tabla II).

En el caso de las muestras que no evidenciaron parásitos, no se puede descartar totalmente la posibilidad de una parasitosis, ya que sólo se efectuó el estudio de una sola muestra y normalmente se deben efectuar tres muestreos. Sin embargo, esto no fue posible debido a que no se pudieron obtener de la institución que las proporcionó. Por otro lado, también existe la posibilidad de que en algunos casos, la diarrea haya sido provocada por bacterias, virus u otros factores no infecciosos (Gerrant, 2001).

En los resultados se observa un alto porcentaje de pacientes parasitados, con un total de 62% (fig. 1), se corrobora la hipótesis de que muchos de ellos estarían afectados por parásitos intestinales comunes y muy probablemente otros lo estarían por parásitos menos estudiados, como los coccidios intestinales (*Cryptosporidium sp* y *Cyclospora sp.*)

Estos datos de prevalencia de *Cryptosporidium* y *Cyclospora* en pacientes con diarrea son novedosos, debido a los escasos estudios y su poco conocimiento en México; en la mayoría de los laboratorios de diagnóstico clínico aún no se identifican rutinariamente (Benítez et al., 2001), A pesar de que cada vez hay más evidencias en la literatura mundial, de que son parásitos más comunes de lo supuesto, sobre todo *Cryptosporidium* en niños saludables y en pacientes con sida (Cermeño, et al. 2004; Vázquez, et al., 2000).

Los resultados de este estudio coinciden con los reportes de estudios parasitarios en México que siendo un país en vías de desarrollo (Dávila, 2001), las parasitosis intestinales continúan siendo uno de los principales problemas de salud para la población en general, incluyendo Ciudad Juárez (Rodríguez et al., 2000; Muñoz, 2006; Tay y Sánchez, 2002).

## CONCLUSIÓN

Los parásitos intestinales identificados en el estudio fueron *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayetanensis*. En el 62% de los pacientes estudiados se pudo relacionar la diarrea con parásitos intestinales, con

lo que se corrobora la hipótesis tanto de encontrar parásitos intestinales comunes del tipo de *G. lamblia* 41% y *E. histolytica* 20%, así como otros menos estudiados, identificándose a *Cryptosporidium parvum* 16% y *Cyclospora cayetanensis* 16%. Algunos pacientes (22%) mostraron más de un parásito. Se recomienda continuar estudios similares y corroborar que *Cryptosporidium* y *Cyclospora* son parásitos comunes en México.

## REFERENCIAS

- Benítez, F., 2001. Incidencia y etiología de las parasitosis intestinales en los manejadores de alimentos de los comedores de la industria maquiladora de Ciudad Juárez, Mexico. Tesis (Mayo 2001: Ciudad Juárez, Chihuahua). UACJ. Pp. 4-20.
- Calles, R., R. Pineda, C. Rodríguez, T. Álvarez, T. 2004. "Frecuencia de parasitosis en Niños con Diarrea". 32(2) pp. 89-100.
- Dávila, C., B. Trujillo, C. Vázquez, M. Huerta. 2001. "Prevalencia de parásitos intestinales en niños de zonas urbanas del estado de Colima, México". En: Bol med Hosp Infant Mex 58 (4) pp. 15-59.
- Devera, R., J. Cermeño, Y. Blanco, M. Bello, X. Guerra, M. Sousa, E. Maitan. 2003. "Prevalencia de blastocistosis y otras parasitosis intestinales en una comunidad rural del estado de Anzoátegui, Venezuela". En: Parasitol. Latinoam. 58 (3-4) pp. 95-100.
- DPDx Selection of laboratory regimens for confirmation of intestinal parasites; [http://www.dpd.cdc.gov/DPDX/CEUs/Lab\\_tech\\_ceu.asp?body=Lab\\_Tech/body\\_labtech?collect3.htm](http://www.dpd.cdc.gov/DPDX/CEUs/Lab_tech_ceu.asp?body=Lab_Tech/body_labtech?collect3.htm)
- Flisser, A., R. Pérez. Aprendizaje de la parasitología basado en problemas. México. Editores de Textos Mexicanos. 2006. P. 599.

- García, C., E. Rodríguez, N. Do, D. López, A. Terashima, E. Gotuzzo. 2006. "Parasitosis intestinal en el paciente con infección VIH-SIDA". En: Rev. Gastroenterol. 26. pp. 21-24.
- Gerrant, R. 2001. Practice guidelines for the management of infectious diarrhea". En" Clin Infect Dis. 32(3) pp. 331-350.
- Hissing; Giardia-comeback. PAAL KVAMME. (En línea). Portugal. 2004 Alemania <http://www.bt.no/lokalt/bergen/article19423.ece> (Consulta 20 de Febrero)
- Lujan, H. 2006. Giardia y Giardiasis. Medicina 66 (1) pp. 70-74.
- McKenzie, W.R. et al. (1995). "Massive outbreak of waterborne Cryptosporidium infection in Milwaukee, Wisconsin. Recurrence of illness and risk of secondary transmission". En: Clin Inf. Dis. 21: 57-62.
- Mora, L., A. García, M. De Doinato. 2005. "Prevalencia del complejo Entamoeba histolytica/Entamoeba dispar en pacientes con síntomas gastrointestinales de diarrea procedentes de Cumaná". En: Estado Sucre. Km 33 (1) pp. 36-45
- Muñoz, J.. 2006. "Frecuencia de los parásitos intestinales en el hospital general de zona No. 6 del IMSS de Ciudad Juárez, Chihuahua, enero de 2005 a junio 2006". Tesis (Mayo 2006).
- Ortega, Y., C. Sterling, R. Gilman V. cama, F. Díaz. 1993. "Cyclospora species a new protozoan pathogen of humans". En: N Engl J Med. 328(18) pp. 1308-1312.
- Pietrzak-Johnston S.M., H. Bishop, S. Wahlquist, H. Moura, N. de Oliveira da Silva, S. Pereira da Silva et al. 2000. "Evaluation of commercially Available Preservatives for laboratory detection of Helminths and protozoa in Human Fecal Specimens". En: J Clin Microbiol. 2000 May; 38(5): 1959-1964.
- Rodríguez, E., A. Aragón, M. Allue. 2000. "Outbreak of cryptosporidiosis in Guadarrama (Autonomous Community of Madrid)". En: Rev. Esp. 74(5-6) pp. 527-536.
- Rodríguez, L. 2000. "Parasitosis intestinal en niños". En: Rev. Mex. Pediatr. 67(3) p. 122-177..
- Roussel, H. 2003. Programa de Actualización Continua de Infectología. Pac ®Infecto-1. Hochest ®. España.
- Sánchez, J.; Tay, J.; Robert, L.; Romero, R.; Ruíz, D.; Rivas, C. 2000. "Frecuencia de parasitosis intestinales en asentamientos humanos irregulares" Rev. Fac. Med. 43(3).
- Sánchez, N. 1997. "Alternativas de desinfección del agua. Reporte técnico de vigilancia". 2(5).
- Santana, M., F. Núñez, J. Pérez, M. Barrero, T. Velásquez. 2000. "Emergencia de un nuevo patógeno: Cyclospora cayetanensis en pacientes infectados por el virus de inmunodeficiencia humana". En: Rev Cubana Med Trop. 52(1) pp. 66-69.
- SGDIA, 2003. Surveillance Group for Diseases and Infections of Animals. (2003). Cryptosporidium: Detection and identification in faeces. UK National Reference Method.
- Scientific Device Laboratory, Inc. (En línea). Canadá. 2006. [http://www.scientificdevice.com/intl\\_product\\_pages/icyclospora\\_slides\\_stained.htm](http://www.scientificdevice.com/intl_product_pages/icyclospora_slides_stained.htm). (Consulta: 1 Abril, 2007)
- Sterling C., Y. Ortega. 1999. "Cyclospora: an enigma worth unraveling". En: Emerg Infect Dis 5(1) pp. 1-8.
- Yriberry, S., Z. Cervera, Z. 2002. "Parasitosis Intestinal (temas de revisión)". Enfermedades del Aparato Digestivo. 5(1) pp. 1-8.



■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Is human sperm cryopreservation a real future option?

Ramírez-Ramírez, Rosana;\* Góngora, Alfredo‡; Gómez Olivares, José Luis;\* Mendieta Márquez, Enrique;\* García-Suárez, Ma Dolores;\*\* Salame-Mendez, Arturo\*\*\* y Serrano, Héctor\*

## ABSTRACT

A comparison of the survival ratio for two cryopreservation pool samples was performed in order to test the possibility that an apparent damage could have been caused. One hundred human ejaculates were evaluated before and after being frozen for more than five years. Sperm morphology evaluation was carried out according to the World Health Organization (WHO). We found that damage and motility alterations correlate with the time that a spermatoc sample is maintained frozen in liquid nitrogen; the use of cryoprotector and extenders to control alterations in cells and solvents allowed us to obtain samples with better quality and longer storage time. The difference in global motility is minimal; however the amount of motile spermatozoa indicates that they can still be used in assisted reproductive techniques.

**Keywords:** Cryopreservation, cryoprotector, human sperm.

## INTRODUCTION

Sperm cell preservation by using a wide variety of freezing solutions and extenders has been used for many years. The evolution of cryobiological techniques and chemicals has developed several basic and important aspects that have improved the use of human samples for assisted reproduction techniques (ART) varying from simple in vitro fertilization up to intracytoplasmic sperm injection (ICSI).

However, some freezing effects are still lethal to sperm cell survival and ART success (Larson *et al.*, 1997). Besides the efforts to explain the chemistry, physical chemistry and metabolic effects of the cryopreservation process, no major advances have been achieved. Regarding the spermatozoa little is known about the step by step effect of each component of freezing solutions either during the freezing or thawing procedure. Overall effectiveness and final use have been taken as indicators of the effect

Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Deptos. de Ciencias de la Salud\*, Biología\*\* y Biología de la Reproducción\*\*\*  
‡Centro de Fertilidad Humana.

of freezing procedure. Damage and alterations in sperm morphology and physiology are sometimes evident even when sperm cells have been frozen for very short periods (García and Galán, 2003).

Cryoprotectants avoid both intracytoplasmic as well as extracellular ice crystals controlling their size and form in such a way that membrane surrounding the cells are not damaged, mainly at transition temperatures, where frozen water volume is a major problem. Freezing and thawing are not recommended for semen samples from infertile men (WHO, 1999).

Attempts to diminish the damage induced to sperm cells exposed to low temperatures have prompted the development of cryoprotectant and extender solutions that increase cell recovery, promotes a better post-thawing development and allow the cells to be maintained frozen for longer times (Rothman, 1980).

As a consequence of the increasing public demand for ART, several countries now have legal mandatory time limitation for gamete cell conservation for periods no longer than 5 years (Anonymous, 2003). As has been shown, cryopreservation procedures do not alterate, disrupt or induce damage to the genetic material of frozen sperm cells (Heng, 2007). This aspect has been taken into account for some single young people whose sperm cells have been frozen in private semen banks as a preventive deposit trying to avoid gamete damage in order to be used later in some ART strategy (Neal *et al.*, 2007).

One main concern in human reproduction centers is that this kind of semen donors, with high normal parameters and high fertility rate indicators, need high successful cryopreservation store rates for the use of their banked samples for at least five years, when they could probably need them. Our goal was to demonstrate that sperm cryopreserved samples for more than five years maintain high survival rates with no real changes in their fertility indicators.

## MATERIAL AND METHODS

Human semen samples from 100 normal informed patients were obtained after 3 to 5 days of sexual abstinence by masturbation in sterile plastic containers and evaluated according to the indications of the World Health Organization (5). Total ejaculates were freed from seminal plasma by centrifugation, suspended in TEST egg yolk buffer-based cryoprotector (Irvine Sci. Santa Ana, CA) containing 7.4% glycerol and supplemented with glucose, lipids and gentamycin and randomly assigned to either experimental group: samples that will be frozen for less than 5 years or frozen for more than the mandatory 5 year period. This cryoprotectant solution has been used due to their ability to maintain sperm morphology and physiology (Cohen *et al.*, 1997).

For cryopreservation, after seminal plasma removal, cryoprotectant was added dropwise until the appropriate frozen concentration was achieved. After 10 to 15 min incubation at 25 °C, cells were exposed to liquid nitrogen vapors for up to 30 min before they were immersed in liquid nitrogen until thawing (6). Thawing was also a stepwise procedure starting with a 10 seconds exposure to room temperature before vials were immersed in a  $37 \pm 1$  °C bath for 15-20 min. Each sample was evaluated in a Mekler camera under light microscopy and evaluated according to the criteria from WHO after a 2 min stabilization period. Sperm amount was evaluated directly from the Mekler camera and concentration was determined refereeing to the original ejaculate volume; sperm motility level was determined as excellent (a), good (b), poor (c) fair (d) and immotile (e) as assessed by the wave formation under the light microscope.

Data were analyzed by the central tendency theorem taking account of the global survival rate. Statistical analysis was performed as described in Daniels (1990).



## RESULTS

Semen samples were evaluated from 1998 to 2003. All ejaculated samples used in this study were from normospermic donors, according to the WHO criteria. Their media age was  $25 \pm 10$  years, representing the most frequent patient attendance to our human reproduction facility for sperm banking. As can be seen from table 1, there were no differences in the initial parameters of the sperm frozen for more than 5 years when compared to the other group (76% versus 80% samples having more than 50% survival). This behavior is conserved after thawing. We found that there was a discrete apparent fertility capacity loss, as evaluated by the number of sperm having progressive motility

Differences in motile spermatozoa were obtained in each group when compared with their characteristics before and after freezing (table 2). However, we were not able to find differences between groups after thawing.

## DISCUSSION

Besides progresses have been achieved in cryobiology, there are no formulations that could maintain cell's physiological and morphological characteristics at their top when exposed to extreme low temperatures. These alterations may reflect both individual freezability, as has been demonstrated in boar (Satorre *et al.*, 2007), stallion (Aurich *et al.*, 2007) and bull (Maxwell *et al.*, 2007) spermatozoa, along the proper technical difficulties that are not still well studied (Aurich *et al.*, 2007). Different strategies (Dinnyes *et al.*, 2007), cryogenic solutions (Maxwell *et al.*, 2007), additives (Esteves *et al.*, 1998; Munsu *et al.*, 2007), freezing devices (Stoops *et al.*, 2007) and thawing procedures have been attempted in an effort to avoid cryogenic damages.

The use of a simple, non-toxic cryogenic solution that can be easily taken out from the freeze-thawed cell and whose residues do not compromise

the thawed cell function is one of the ideal characteristics of cryoprotectants (Avery *et al.*, 1998). Glycerol has been used as a first choice cryoprotectant for a wide variety of cells. Oocytes are now vitrified by using high sugar solutions, whereas other isolated cells are preserved in proline-rich anti-freezing protein and peptides (Lonergan, 2007).

The modification of mandatory laws regarding the maximal time storage of human gametes need studies on cryoprotectants that could be used to maintain good shape and avoid cell deterioration due to their exposure to extreme low temperatures (Heng, 2007). As a starting point, we have checked the effects of a widely used and commercially available freezing solution, and their effects on sperm preservation taking as determining criteria the normative time length for cryopreservation.

Our results indicate that there is a loss in motility in sperm samples maintained for more than the mandatory 5 years, when compared to fresh samples evaluated according to the guidelines indicated by the WHO. Nevertheless, this loss in motility and the associated reduction in fertilizing capacity could actually been explained by the individual difference in the sperm freezability. It has been considered that a 2% reduction in sperm fertilization capacity per year is the normal loss for any sperm banking facility (Rothman, 1980) and a 25 year storage maximum can be obtained. Further studies need to be conducted trying to improve the formulation of cryogenic solutions that could maintain to the maximal sperm fertilizing ability in order to be used in any of the ART available.

## REFERENCES

- Anonymous. 2003. Informe Anual de la Comisión Nacional de Reproducción Humana Asistida. Criopreservación de semen. Valencia, España: Ministerio de Sanidad y Consumo: 892.
- Aurich, C. P. Seeber, F. Muller-Schlosser. 2007. "Comparison of different extenders with de-

- fined protein composition for storage of stallion spermatozoa at 5 degrees". En: *C. Reprod. Domest. Anim.* 42: 445-448.
- Cohen, J., G.J. Garrisi, A.A. Congedo-Ferrara *et al.* 1997. "Cryopreservation of single human spermatozoa". En: *Hum. Reprod.* 1997;12: 994-1001.
- Daniel, W.W. 1990. "Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud". 3<sup>a</sup>. ed. México. Ed. Limusa, pp. 186-187.
- Dinnyes, A., J. Liu, T.L. Nedambale. 2007. "Novel gamete storage". En: *Reprod. Fertil. Dev.* 19: 719-731.
- Esteves, S.C., R.K. Sharma, A.J. Thomas Jr, A. Agarwal. 1998. "Cryopreservation of human spermatozoa with pentoxifylline improve the post-thaw agonist-induced acrosome reaction rate". En: *Human Reprod.*; 13: 3384-3389.
- García, C., C. Galán. 2003. *Límite temporal de crioconservación de gametos. Aspectos éticos-legales*. Valladolid, Doctrina.
- Heng, B.C. 2007. "Legal and ethical issues in the international transaction of donor sperm and eggs". En: *J Assist Reprod Genet.* 24: 107-109.
- Larson, J.M., K.A. McKinney, B.A. Mixon, K.A. Burry, D.P. Wolf. 1997. "An intrauterine insemination-ready cryopreservation method compared with sperm recovery after conventional freezing and post thaw processing". En: *Fertil Steril.* 68: 143-148.
- Lonergan, P. 2007. "State-of the-art embryo technologies in cattle". En: *Soc. Reprod. Fertil. Suppl.* 64: 315-325.
- Maxwell, W., I. Parrilla, I. Caballero, E. García, J. Roca, E. Martínez, J. Vázquez, D. Rath. 2007. "Retained functional integrity of bull spermatozoa alter double freezing and thawing using PureSperm density gradient centrifugation". En: *Reprod. Domest. Anim.* 42: 486-494.
- Munsi, M.N., M.M. Bhuiyan, S. Majumder, M.G. Alam. 2007. "Effects of exogenous glutathione on the quality of chilled bull semen". En: *Reprod. Domest. Anim.* 42: 358-362.
- Neal, M.S., K. Nagel, J. Duckworth, H. Bissessar, M.A. Fischer, C. Portwine, R. Tozer, R.D. Barr. 2007. "Effectiveness of sperm banking in adolescents and young adults with cancer: a regional experience". En: *Cancer.* 110: 1125-1129.
- Rothmann, C. 1980. "Usefulness of sperm banking". En: *CA Cancer J Clin.* 30: 186-188.
- Satorre, M.M., E. Breininger, M.T. Beconi, N.B. Beorlegui. 2007 "α-Tocopherol modifies tyrosine phosphorylation and capacitation-like state of cryopreserved porcine sperm". En: *Theriogenology.* 68: 958-965.
- Stoops, M.A., J.B. Bond, H.L. Bateman, M.K. Campbell, G.P. Levens, T.R. Bower, S.T. Ferrell, W.F. Swanson. 2007. "Comparison of different sperm cryopreservation procedures on post-thaw quality and heterologous in vitro fertilisation success in the ocelot (*Leopardus pardalis*)". En: *Reprod. Fertil. Dev.* 19: 685-694.
- World Health Organization. 1999. *Guidelines for Human semen analysis and cervical mucus interaction.* 4 ed. Geneva: WHO Press; 74.

Parameter	Less than 5 years	More than 5 years
Cell concentration (million sperm/mL)	67 ± 2	64 ± 1.2
Motility (million sperm/mL)	49 ± 2	39 ± 3*
Motility (%)	60 ± 2	61 ± 2
Motility level	a, b	a, b

**Table 1.** Dynamical sperm characteristics of the fresh human ejaculates. One hundred normal semen samples were evaluated as described under Material and methods. Before thawing, cells were assigned randomly to either experimental group. Data are media and SD. Motility level data, were the modal value obtained from all samples in each group. Asterisk indicates statistical differences.

Parameter	Time frozen	
	Less than 5 years	More than 5 years
Cell concentration (million sperm/ml)	67 ± 2	64 ± 1.2
Motile cells (million sperm/ml)	49 ± 3	36 ± 3*
Motility rate (%)	51 ± 3	34 ± 3*
Motility level	a, b	a, b

**Table 2.** Kinetic parameters of sperm samples after thawing. Cryoprotectant was removed as described in Material and methods. Microscopic evaluations of 100 samples were performed in a Mekler chamber. Numbers indicate mean ± SD; motility level indicates the modal motility of the samples. Asterisk indicate statistical differences either after thawing or to their original parameters



■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Diversidad de hongos comestibles en los bosques de Bocoyna y Urique del estado de Chihuahua

\*Miroslava Quiñónez Martínez,<sup>1</sup> Fortunato Garza Ocañas,<sup>2</sup>  
Santos Anguiano Filio,<sup>1</sup> Violeta Chacón Ramos,<sup>1</sup> Susana Bernal Carrillo<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se presenta un listado de 45 especies consideradas comestibles en diferentes sitios de la sierra Tarahumara, principalmente los municipios de Bocoyna y Urique. Se presenta un registro de especies utilizadas para consumo por pobladores de ambos municipios, con base en entrevistas. El consumo de hongos comestibles se restringe a cinco especies: *Amanita caesarea*, *A. rubescens*, *Hypomyces lactifluorum*, *Russula brevipes* y *Agaricus campestris*.

## INTRODUCCIÓN

Bocoyna y Urique son dos de los municipios más importantes del estado de Chihuahua, principalmente por su población, ecoturismo, yacimientos mineros y explotación maderable, reconocidos por la amplia distribución de bosques de coníferas y la gran demanda de la madera que se tiene por distintas entidades del país. Como características importantes de la región se presentan el alto valor escénico, el potencial turístico, la presencia activa de comunidades indígenas, sus sitios históricos y arqueológicos, la presencia de especies de alto va-

lor ecológico, científico y económico, incluso, proporcionando hábitats para especies migrantes.

Por otra parte, en los bosques de pino, existe una diversidad de hongos cuya importancia ecológica es variable. Existen formas saprobias que degradan la materia orgánica, reciclando los nutrientes del suelo del bosque (Pilz y Molina, 2001). Formas parásitas que viven en los árboles vivos de muchos pinos y encinos, principalmente. Destaca por su aportación ecológica al bosque, los hongos ectomicorrizógenos, los cuales forman una asociación simbiótica con las raíces de la vegetación arbórea y arbustiva del bosque generando beneficios

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Biomédicas-UACJ. mquinonezm@infosel.com.

<sup>2</sup>Instituto de Recursos Forestales-UANL. fortunatofgo@hotmail.com.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. susybc@yahoo.com

mutuos para ambas especies (O'Dell *et al.*, 1999). Los hongos silvestres comestibles de mayor valor comercial son en general de tipo ectomicorrízogeno (Methodus, 2003).

Asimismo, los cuerpos fructíferos de muchas especies de hongos que crecen en los bosques de pino y pino-encino tienen gran importancia nutricional y económica, sin embargo, la falta de conocimiento o las creencias y mitos de algunas poblaciones limitan el aprovechamiento de algunas especies que pueden ser una alternativa de alimentación e ingresos económicos.

El objetivo de este estudio es presentar una relación de especies de hongos considerados comestibles, su función ecológica, así como una descripción del conocimiento actual de algunas poblaciones en el uso de este recurso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se realizó en varias localidades del municipio de Bocoyna y Urique en el estado de Chihuahua. El municipio de Bocoyna se localiza en la parte alta de la Sierra Madre Occidental a 220 km al suroeste de la ciudad de Chihuahua, ubicado entre los 27°30' y 28°30' latitud norte y entre los 107°00' y 108°00' longitud oeste. La altitud media es de 2350 msnm, con una altitud máxima de 3400 msnm y mínima de 970 msnm. En general, las comunidades vegetales presentes son: Bosque de pino (P), Bosque de pino-encino (Pq), Bosque de encino-pino (Qp) y vegetación de chaparral. Las especies arbóreas más dominantes son *Pinus arizonica*, *P. engelmannii*, *P. durangensis*, *Pinus ayacahuite*, *P. lumholtzii*, y *Juniperus deppeana* entre las coníferas presentes, una gran diversidad de encinos, principalmente *Quercus mcvaughii*, *Q. depressipes*, *Q. tuberculata*, *Q. rugosa* y *Q. sideroxila* y pocos arbustos y herbáceas. Se presentan áreas con una pronunciada pendiente, suelos con baja capa de mantillo y algunas zonas de cultivo.

El municipio de Urique se ubica en la parte montañosa media baja de la Sierra Madre Occi-

dental, Chihuahua limitando al oeste con el estado de Sinaloa, brindando un gran potencial de recursos naturales. La altitud media es de 1791 msnm., con una máxima de 2345 msnm y se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas 26° 30' a 27° 25' 27" latitud norte y 106° 45' a 109° 00' 11" longitud oeste. Dentro de lo que se considera como Bosque de Coníferas, existen muy diversas asociaciones, que corresponden a un gran mosaico de comunidades. Entre ellas destacan los bosques de *Pinus*, *Pinus-Abies-Pseudotsuga*, *Pinus-Quercus*. Estas asociaciones están determinadas por las especies más dominantes. La especie de pino más dominante es *Pinus engelmannii* seguido de *P. lumholtzii*. El estrato arbóreo formado por los encinos lo constituyen las siguientes especies de encino: *Quercus albocincta*, *Q. arizonica*, *Q. chihuahuensis*, *Q. coccolobifolia* y *Q. mcvaughii* y *Q. hypoleucoides*, principalmente.

Durante los años 2004 a 2006 se realizaron 6 exploraciones en los municipios de Bocoyna y Urique. En cada salida las colectas se concentraron en los alrededores de 10 localidades pobladas. De cada ejemplar se describieron sus características en fresco, siguiendo las recomendaciones de Cifuentes *et al.*, (1986). El estudio microscópico del material se llevó a cabo siguiendo las técnicas ordinarias en micología, elaborando preparaciones montadas en KOH 5%, solución de Melzer y diversos colorantes. Para la identificación y determinación de especies comestibles se consultaron los trabajos de Arora (1991); Becker (1992); Bessette *et al.* (1997, 2000); Fisher *et al.*, (1992); García *et al.*, (1988); Guzmán (1985); Lincoff (1981); Pacioni (1982); y Quiñónez *et al.*, (1999). Asimismo, se realizaron entrevistas a una muestra de 50 pobladores comprendiendo ambos municipios para conocer las especies que usan para consumo de alimento y que fructifican en estos bosques.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró una riqueza de 29 géneros con 50 especies de hongos considerados comestibles. Las especies que se presentaron con mayor frecuencia en la mayoría de los sitios son *Amanita rubescens*, *Lactarius indigo*, *Cantharellus cibarius*, *Higrophorus russula*, *Laccaria laccata*, *Laccaria bicolor*, *Boletus pinophilus*, *Suillus granulatus*, *Helvella crispa*, *Hipomyces lactifluorum* y *Lycoperdum echinatum*. La familia Boletaceae presentó la mayor diversidad de especies destacando *Boletus edulis*, *B. pinopilus*, *B. bicolor*, *B. luridus*, *B. chrysenteron*, *B. apendiculatus*, *Leccinum auriantacum*, *Suillus granulatus*, *S. brevipes* y *S. lakei*. La familia Russulaceae presentó seis especies diferentes, principalmente: *Russula delica*, *R. brevipes*, *R. cyanoxantha*, *Lactarius volemus*, *L. deliciosus* y *L. indigo* (cuadro 1).

**Ecología.** La mayor diversidad de especies pertenecen a hongos considerados ectomicorrizógenos (n= 26); destacando por su riqueza los géneros *Laccaria*, *Amanita*, *Boletus*, *Suillus*, *Russula*, *Lac-*

*tarius* y *Cantharellus*. Se registraron 14 especies de hongos comestibles considerados saprobios. Algunas de las especies encontradas y de valor comercial son: *Morchella vulgaris* *Agaricus campestris* y *Helvella crispa*. Se encontraron cinco especies parásitas, de las cuales *Ustilago maydis* se registró en un cultivo de maíz aledaño al bosque de la localidad de Choguita en el municipio de Bocoyna.

**Uso potencial.** Los resultados de la encuesta realizada a 50 personas de diferentes poblados del municipio de Bocoyna y Urique reportan que el 100% de los pobladores entrevistados conocen siete especies: *Amanita caesarea*, *A. rubescens*, *Hipomyces lactifluorum*, *Boletus pinophilus*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius* y *Agaricus campestris*. El 73% conoce y utiliza para consumo *Amanita caesarea* y *A. rubescens*. El 18% utiliza *Hipomyces lactifluorum* como alimento. Un 9% consume *Russula brevipes* (figura 1). Algunos nombres comunes usados por los pobladores para distinguirlos son: Morochoque, Heucoi (*Amanita caesarea*); Sojachi (*Amanita rubescens*); Becui (*Agaricus campestris*); Repome o Repomi (*Russula brevipes*) y Rerechaka al hongo que conocen como venenoso (*Amanita muscaria*)(figuras 2-5).

**Figura 1.** Especies de hongos de uso comestible (%) que consume una parte de la población de los Municipios de Bocoyna y Urique, Chihuahua.

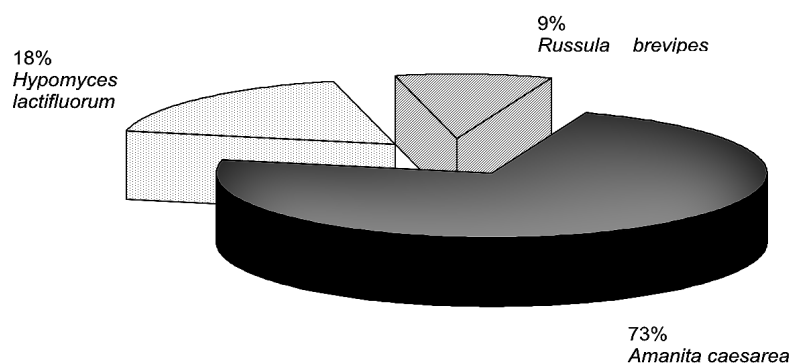




Figura 2. *Amanita caesara*



Figura 3. *Amanita rubescens*



Figura 4. *Hypomyces lactifluorum*



Figura 5. *Russula brevipes*



**Cuadro No. 1** Especies comestibles reportadas por su relación ecológica con su entorno, en la Sierra Tarahumara

<b>Ectomicorrizógenos</b>	<b>Saprobios</b>	<b>Parásitos</b>
<i>Amanita caesarea</i>	<i>Armillaria mellea</i>	<i>Hypomyces lactifluorum</i>
<i>Amanita caliptroderma</i>	<i>Morchella vulgaris</i>	<i>Schizophyllum commune</i>
<i>Amanita rubescens</i>	<i>Aleuria aurantia</i>	<i>Ustilago maydis</i>
<i>Amanita vaginata</i>	<i>Lyophyllum decastes</i>	<i>Hericium erinaceus</i>
<i>Higrophorus russula</i>	<i>Helvella crispa</i>	<i>Auricularia auricula</i>
<i>Russula brevipes</i>	<i>Helvella lacunosa</i>	
<i>Russula delica</i>	<i>Hygrocybe miniatus</i>	
<i>Russula cianoxantha</i>	<i>Clavariadelphus truncatus</i>	
<i>Lactarius volemos</i>	<i>Ramaria botrytis</i>	
<i>Lactarius deliciosus</i>	<i>Armillariella tabescens</i>	
<i>Lactarius indigo</i>	<i>Agaricus silvicola</i>	
<i>Laccaria bicolor</i>	<i>Agaricus campestris</i>	
<i>Laccaria laccata</i>	<i>Clitocybe gibba</i>	
<i>Laccaria amethystina</i>	<i>Melanoleuca melaleuca</i>	
<i>Suillus granulatus</i>	<i>Macropodia macropus</i>	
<i>Suillus brevipes</i>	<i>Lycoperdon pyriforme</i>	
<i>Suillus pseudobrevipes</i>	<i>Lycoperdon echinatum</i>	
<i>Suillus lakei</i>		
<i>Boletus chrysenteron</i>		
<i>Boletus appendiculatus</i>		
<i>Boletus luridus</i>		
<i>Boletus bicolor</i>		
<i>Boletus edulis</i>		
<i>Boletus pinophilus</i>		
<i>Leccinum auriantacum</i>		
<i>Cantharellus cibarius</i>		
<i>Cantharellus cinnabarinus</i>		
<i>Cratrerellus cornucopioides</i>		
N = 28	N = 17	N = 5

## CONCLUSIONES

Se registran 50 especies consideradas comestibles por la literatura consultada. La mayor diversidad se presenta en las especies ectomicorrizógenas, lo cual indica una riqueza de vegetación de pino y pino-encino en la cual establecen su simbiosis ectomicorrizógena las especies comestibles, siendo de gran importancia en la estabilidad de los ecosistemas de bosque. Así mismo, los resultados de las encuestas realizadas indican un bajo consumo en la diversidad de especies comestibles que fructifican en los bosques del área y un alto consumo a las especies *Amanita caesarea*, *Amanita rubescens* e *Hipomyces lactifluorum*. Algunas especies como *Cantharellus cibarius* y *Boletus edulis* son de alto valor comercial en otros países e inclusive en el sur de México. Sin embargo, la población de los municipios de Bocoyna y Urique no los utilizan como un recurso comestible. Es importante realizar estudios de abundancia para establecer el status en que se encuentran estas especies que posiblemente son mayormente buscadas en época de lluvia y su sobrecolecta puede conducir a una baja fructificación en épocas posteriores. Igualmente, fomentar el conocimiento a los pobladores de la riqueza micológica de uso comestible que pueden aprovechar bajo un programa de sustentabilidad del recurso hongo-bosque.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arora, D. 1991. *All That the Rain Promises and More*. California, Ten Speed Press. California. P. 259.

Becker, G. 1992. *Setas*. Madrid. Susaeta Ediciones. P. 223.

Bessette, A.E., A.R. Bessette y D.W. Fisher. 1997. *Mushrooms of Northeastern North America*. Hong Kong. Syracuse University Press. P. 582.

Bessette, A.E., W.C. Roody y A.R. Bessette. 2000. *North American Boletes*. Syracuse. University Press. P. 396.

Fisher David, W. y Alan E. Bessette. 1992. *Edible Wild Mushrooms of North America. A Field to Kitchen Guide*. Austin, Tx. University of Texas Press. P. 254.

García, J., D. Pedraza, C.I. Silva, R.L. Andrade y Castillo. 1998. *Hongos del estado de Querétaro*. Querétaro. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Querétaro. P. 263.

Guzmán, G. 1985. *Hongos*. 1a. Edición. México. Limusa. P. 194.

Lincoff, G.H. 1981. *National Audubon Society Field Guide to North American Mushrooms*. New York. Chanticleer Press. P. 926.

Methodus, C. 2003. *El Mercado de los Hongos Silvestres. Proyecto de Comercialización de Productos Forestales No Maderables*. UNEP-WCMC.

O'Dell, T.E., J.F. Ammirati, E.G. Schreiner. 1999. "Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the *Tsuga heterophylla* zone". En: *Can. J. Bot.* 77: 1699-1711.

Pacioni, G. 1982. *Guía de Hongos*. Barcelona, Grijalbo. P. 507.

Pilz, D., R. Molina. 2001. "Comercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management, and monitoring for sustainability". En: *Forest Ecology and Management* 5593: 1-14.

Quiñónez-Martínez, M., F. Garza, J.R. Mendoza, J.J. García, H.R. Bolaños. 1999. *Guía de Hongos de Bosque Modelo Chihuahua. Sierra Tarahumara, Chihuahua*. Chihuahua. Facultad de Zootecnia, UACH. P. 85.

■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Uso de biosólidos estabilizados con cal como fertilizante orgánico en algodónero para el Valle de Juárez, Chihuahua

Uriel Figueroa Viramontes,<sup>1</sup> Miguel A. Flores Ortiz,<sup>2</sup> Miguel Palomo Rodríguez,<sup>3</sup>  
Baltazar Corral Díaz<sup>4</sup> y Juan P. Flores Margez<sup>5</sup>

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la factibilidad de usar biosólidos estabilizados con cal, como fertilizante orgánico en suelos agrícolas del Valle de Juárez. Se evaluaron biosólidos en parcelas experimentales con algodónero; los tratamientos fueron: 1) 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (N) aprovechable como biosólido, 2) biosólidos, en dosis igual al tratamiento 1, + 60 kg ha<sup>-1</sup> de N como fertilizante; 3) 120-60-00 kg ha<sup>-1</sup> de N-P-K con fertilizantes inorgánicos; y 4) testigo sin fertilizar. La aplicación de biosólidos no afectó la emergencia ni el establecimiento del cultivo. No se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el rendimiento en hueso (fibra + semilla). El rendimiento en las parcelas que recibieron N en forma de biosólidos fue de 2920 kg ha<sup>-1</sup>, comparado con 3028 kg ha<sup>-1</sup> en el tratamiento con fertilizante inorgánico. Los biosólidos no afectaron la época de aparición de órganos fructíferos ni las características de calidad de fibra. La concentración de N inorgánico en el suelo con biosólidos se incrementó en las primeras semanas después de la aplicación y disminuyó cuando el algodónero inició la formación de órganos fructíferos. Lo anterior indica que es posible estimar dosis de biosólidos para aportar el requerimiento de nitrógeno del cultivo y reducir los costos de producción al no aplicar fertilizantes.

**Palabras clave:** Algodón, *Gossypium hirsutum*, Nitrógeno, pH del suelo..

## INTRODUCCIÓN

En el Valle de Juárez, Chihuahua las aguas negras del área urbana se han utilizado por varias décadas para el riego agrícola. La Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, establece los límites

permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales cuando éstas van a dar a cuerpos de agua y bienes nacionales. Para lo anterior es necesario el establecimiento de plantas tratadoras de agua residual (PTAR). Actualmente funcionan dos PTAR que tratan el agua residual de uso domésti

<sup>1</sup>Doctorado en Suelo, agua y ciencias ambientales. INIFAP, Campo Exp. La Laguna, [figueroa.uriel@inifap.gob.mx](mailto:figueroa.uriel@inifap.gob.mx).

<sup>2</sup>Doctorado en Manejo de pastizales. INIFAP, Campo Exp. Zacatecas.

<sup>3</sup>Maestría en Ciencias, Manejo de suelo y agua. INIFAP, Campo Exp. La Laguna.

<sup>4</sup>Maestría en Ciencias, Fisiotecnia de cultivos. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

<sup>5</sup>Doctorado en Agronomía y suelos. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

co, conjuntamente con agua residual de industrias que cumplen con la normatividad para poder descargar al sistema de drenaje de la ciudad (NOM-002-ECOL-1996. El gasto de agua residual que llega a las dos plantas es de  $3.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , el cual se procesa mediante un tratamiento primario avanzado. Durante este tratamiento se producen alrededor de 240 ton de lodos residuales diariamente, los cuales son estabilizados con 17 a 20% de cal (CaO) para cumplir con los requerimientos microbiológicos de la Norma NOM-004-SEMARNAT-2002, la cual establece los límites permisibles de metales y patógenos en biosólidos. Cuando los lodos residuales de PTAR cumplen con la Norma NOM-052-ECOL-1993, que establece los límites permisibles para considerar a un residuo como peligroso por su toxicidad al ambiente, y cumplen también con la norma NOM-004-SEMARNAT-2002, se les conoce como biosólidos y su aplicación en suelos agrícolas y pastizales es una opción viable de disposición final.

Según Lue-Hing *et al.*, (1994), el método de disposición de biosólidos más utilizado en Estados Unidos en 1972 fue el de rellenos sanitarios con un 40%, seguido por la incineración con un 25% y sólo un 20% se aplicó benéficamente al suelo. Page y Chang (1994) mencionan que a partir de 1973 se promovieron investigaciones y estudios de riesgo para establecer límites permisibles de contaminantes, de manera que se promovió un uso ambientalmente seguro de los biosólidos. Veinte años después, en 1993, se promulgó la Parte 503 del Código Federal de Regulaciones 40 (CFR 40, Part 503), la cual rige el uso de biosólidos en EU. Como resultado de lo anterior, se ha incrementado el uso benéfico de los biosólidos hasta cerca del 70% en 1999 (Sieger, 1999).

El establecimiento y operación de PTAR es relativamente nuevo en México; en 1996 se trataban  $34 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en todo el país y para 2003 el caudal tratado aumentó a  $60 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Conagua, 2006). Consecuentemente, la disposición de los lodos residuales no siempre es la adecuada. En algunas ciudades los

lodos se apilan sobre el terreno, en otras se envían a rellenos sanitarios y en algunas más se regalan a agricultores que los aplican como abono orgánico pero sin ningún control.

Los beneficios del uso de biosólidos en suelos agrícolas se derivan de su composición, ya que contienen hasta un 70% de materia orgánica, además de nutrientes esenciales para los cultivos. En las parcelas donde se utilizan biosólidos ya no se requiere aplicar fertilizantes, lo cual representa hasta un 20% de ahorro en el costo de producción del algodón en el Valle de Juárez, Chihuahua. Después de los componentes de la materia orgánica (C, H y O), el N es el elemento más abundante en los biosólidos. Sullivan (1998) menciona que la dosis de aplicación en suelos agrícolas debe calcularse con base en la cantidad de nitrógeno en los biosólidos que es disponible al cultivo, al nitrógeno residual del suelo y al N que el cultivo requiere para obtener un rendimiento potencial, minimizando a la vez la lixiviación de nitratos. Los resultados de investigación sobre el efecto de los biosólidos en el rendimiento de los cultivos muestran en general una respuesta favorable. Stehouwer y McNeal (2004) obtuvieron 22% más rendimiento de alfalfa con la aplicación de 9 a 36 ton  $\text{ha}^{-1}$  de biosólidos estabilizados con cal.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el rendimiento del algodón, así como analizar los cambios en algunas propiedades del suelo, en respuesta a la aplicación de biosólidos estabilizados mediante la adición de cal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron parcelas experimentales con algodón en 13 ha de terreno dentro del Campo Experimental Valle de Juárez (CEVAJ-INIFAP), localizado en el km 62 de la carretera Juárez-Porvenir, durante el ciclo PV-1999. En general, los suelos del Valle de Juárez son suelos jóvenes, aluviales, formados por acarreo de materiales en la planicie de inundación del río Bravo. Su origen aluvial le

da la característica al suelo de tener estratos bien definidos de texturas que pueden ser contrastantes. Este mismo proceso de formación es responsable de la gran variabilidad de series de suelo, aun dentro de una misma parcela. Con base en el estudio agrológico del Valle de Juárez. La mayor parte del suelo donde se aplicaron biosólidos corresponde a la serie Porvenir, con textura migajón arcilloarenoso en el horizonte superior; el resto del perfil tiene texturas ligeras a medias (migajón arenoso, franco o arena).

Después de la preparación del terreno, los biosólidos se aplicaron del 30 de marzo al 9 de abril. Los tratamientos fueron: 1) 120 kg ha<sup>-1</sup> de N disponible el primer año, como biosólido; 2) biosólidos a la misma dosis que el tratamiento 1 más 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, con sulfato de amonio; 3) fertilización convencional, 120-60-00 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, utilizando sulfato de amonio (20.5% de N) y fosfato monoamónico (11% de N y 52% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); 4) testigo sin fertilizar. Los biosólidos se clasificaron como de calidad Excelente, de acuerdo con la Norma NOM-004-SEMARNAT-2002. El contenido de nutrientes en los biosólidos se anota en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Caracterización química de los biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual de Ciudad Juárez

Parámetro	Unidades	Alcalina
pH		12.0
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	8.2
Nitrógeno-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	%	0.18
Nitrógeno total	"	3.00
Fósforo	"	1.22
Potasio total	"	0.397
Calcio	mg/L (soluble)	1480
Magnesio	"	Nd (0.5)
Potasio	"	115
Sodio	"	69.9

Los tratamientos se distribuyeron de acuerdo a un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. El tamaño de cada parcela expe-

rimental que recibió biosólidos fue de 0.7 ha. Los biosólidos se esparcieron con una máquina tipo estercoladora (Knight 8030 Pro Twin Slinger) previamente calibrada de acuerdo a las dosis de aplicación. La dosis de biosólidos en base seca (DB<sub>s</sub>), en ton ha<sup>-1</sup> se calculó con la expresión:

$$DB_s = \frac{\text{N que se requiere aplicar (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N disponible en el biosólido durante el primer año (kg ton}^{-1}\text{)}}$$

Para calcular el nitrógeno disponible en el biosólido (NDB), se consideró una tasa de mineralización de 40% durante el primer año, que corresponde a un valor de NDB de 1.2% o 12 kg ton<sup>-1</sup>. Por lo tanto, la dosis de biosólidos fue de:

$$DB_s = 120 / 12 = 10 \text{ ton MS ha}^{-1}$$

La dosis corregida por a un 75% de humedad en los biosólidos (DB<sub>h</sub>) fue:

$$DB_h = 10 / (1 - 75/100) = 40 \text{ ton/ha (peso húmedo)}$$

Posterior a la aplicación, los biosólidos se incorporaron con un paso de rastra, seguido del surcado para recibir el riego de presiembra. Como fuente de riego se utilizó exclusivamente agua de pozo de bombeo para evitar el uso de agua residual o mezclada de los canales del Distrito de Riego 09. El manejo del cultivo, excepto la fertilización, se realizó de acuerdo al paquete tecnológico generado por el Campo Experimental Valle de Juárez del INIFAP. La siembra se realizó el 29 de abril. La variedad utilizada fue la Acala 1517-95, a una densidad de siembra de 25 kg ha<sup>-1</sup>. Después del riego de presiembra, se aplicaron tres riegos de auxilio distribuidos en junio, julio y septiembre.

La respuesta agronómica del algodónero a la aplicación de biosólidos se evaluó tomando en cuenta las siguientes variables: 1) fecha de aparición de primeros cuadros (yemas florales), flores y capullos; 2) altura de planta; 3) rendimiento de

algodón en hueso, estimado en subparcelas de dos surcos por 5 m de largo; 4) porcentaje de fibra estimado en muestras de 100 g de algodón hueso; y 5) calidad de la fibra con base en longitud, resistencia y finura de la fibra, analizada en el Laboratorio de Fibra del Campo Experimental La Laguna, en muestras de 20 capullos por parcela.

La concentración de N inorgánico ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) y el pH se evaluaron en muestras de suelo tomadas cada dos semanas, aproximadamente. Al final del ciclo se tomaron muestras de suelo a 0-30, 30-60 y 60-90 cm de profundidad en cada parcela, para analizar: 1) pH en un extracto suelo:agua 1:2; 2) Nitrato y amonio por el método de arrastre de vapor (Mulvaney, 1996); 4) materia orgánica por el método Walckley y Black; 5) conductividad eléctrica (CE) en pasta de saturación; y 6) porcentaje de sodio intercambiable (PSI), estimado a partir de la relación de sodio intercambiable (RAS) en pasta de saturación.

Los datos experimentales se analizaron estadísticamente para determinar la significancia de los tratamientos; en las variables donde se detectó un efecto significativo de los tratamientos, la separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS (SAS Institute, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Respuesta agronómica

*Fenología del cultivo.* La aplicación de biosólidos no afectó de manera significativa ( $P > 0.05$ ) la emergencia y establecimiento del cultivo. Los días a emergencia en lote donde se evaluaron biosólidos fue de 11 días después de la siembra (dds) en todos los tratamientos. La aparición de primeros cuadros, flores y capullos se observó a los 54, 70 y 128 días después de siembra, respectivamente, sin haber efecto de la aplicación de biosólidos al suelo (cuadro 2). Al final del ciclo se evaluó la altura por

medio final por planta, cuyos resultados se anotan en el cuadro 2. Puede apreciarse que estadísticamente la altura en todos los tratamientos fue igual ( $P > 0.05$ ), con una fluctuación de 84 a 95 cm.

*Rendimiento.* Se realizó un análisis de covarianza del rendimiento con la textura del suelo como covariable. El porcentaje de arena a 60-90 cm de profundidad fue el único parámetro que mostró una correlación significativa con el rendimiento. Los valores de rendimiento ajustados por el efecto de “porcentaje de arena a 60-90 cm” son los que se presentan en el cuadro 3. El análisis de covarianza arrojó un coeficiente de variación de 11% y un coeficiente de regresión ( $r$ ) de 0.913. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el rendimiento en hueso (fibra + semilla). El rendimiento en las parcelas que recibieron N en forma de biosólidos fue de 2920 kg  $\text{ha}^{-1}$ , comparado con 3028 kg  $\text{ha}^{-1}$  en el tratamiento con fertilizante inorgánico.

La respuesta a la aplicación de biosólidos fue similar a la observada en el trabajo de Assadian *et al.*, (1995). En dicho trabajo, el rendimiento de fibra se incrementó de manera lineal en respuesta a la aplicación de 0 a 280 kg N  $\text{ha}^{-1}$  en forma de biosólidos; aun con la dosis de 91 kg N  $\text{ha}^{-1}$ , el rendimiento fue mayor al obtenido con 112 kg N  $\text{ha}^{-1}$  en forma de urea. En el presente estudio, sólo se sustituyó el N inorgánico por N disponible, sin aplicar N en exceso para no crear riesgos de contaminación por nitratos. En las ventajas del uso de biosólidos en suelos agrícolas se menciona precisamente que aumenta la retención de agua y de nutrientes en suelos arenosos. La aplicación de biosólidos no modifica la textura del suelo, ya que ésta representa el porcentaje de partículas minerales (arena, limo y arcilla), sin incluir materia orgánica. En este caso, el efecto de los biosólidos es más como mejorador de suelo que como fertilizante orgánico, ya que con aplicaciones continuas puede mejorar las condiciones físicas y químicas

del suelo. El uso de biosólidos como fertilizante orgánico no afectó los valores de porcentaje de fibra, porcentaje de precocidad (rendimiento en primera pizca con respecto al total) y peso de capullo, cuyos valores se consideran normales para la variedad utilizada (cuadro 3).

*Calidad de fibra.* La aplicación de biosólidos no influyó significativamente en las características de calidad de fibra. En el cuadro 4 se anotan los valores de longitud, resistencia y finura de la fibra.

La longitud de la fibra en todos los tratamientos fue poco menor de 28.58 mm ( $1\frac{1}{8}$  de pulgada), cuyo valor se considera como mínimo normal para las variedades de fibra larga tipo Acala (Corral, 2000). El manejo del riego y la fertilización son importantes para mantener características de fibra que sean adecuadas para el mercado; la falta de agua durante el llenado de las bellotas puede afectar la longitud y la resistencia de la fibra, mientras que un exceso de nitrógeno puede afectar la finura, obteniéndose una fibra más delgada.

**Cuadro 2.** Etapas fenológicas y altura final de planta en las parcelas con biosólidos.

Tratamiento	Primeros cuadros	Primeras flores	Primeros capullos	Altura final de planta cm
	- - - - No. de días después de la siembra - - - -			
Biosólido	54 ns	70 ns	128 ns	95.1 ns
Bios. + Fert.	54	69	127	94.6
Fertilizante	54	70	128	88.6
Testigo	54	70	127	83.8

**Cuadro 3.** Rendimiento y parámetros relacionados en las parcelas con biosólidos.

Tratamiento	Rendimiento hueso <sup>1</sup>	Porcentaje de fibra	Porcentaje de precocidad	Peso medio por capullo
	Kg ha <sup>-1</sup>	%	%	g
Biosólidos	2920 ns	38.7 ns	69.3 ns	7.0 ns
Bios. + Fert.	2922	38.5	67.9	6.6
Fertilizante	3028	38.9	70.1	6.1
Testigo	2664	38.7	69.7	5.8

<sup>1</sup>Promedios ajustados por el efecto del porcentaje de arena a 60-90 cm de profundidad como covariable ns= diferencias entre tratamientos no significativas de acuerdo con el análisis de varianza.

**Cuadro 4.** Parámetros de calidad de fibra en las parcelas con biosólidos.

Tratamiento	Longitud (mm)	Resistencia (lb pulg <sup>2</sup> x 1000)	Finura (Índice de Micronaire)
Biosólidos	28.4 ns	85.7 ns (F)	4.6 ns (M)
Bios. + Fert.	28.2	85.0 (F)	4.6 "
Fertilizante	28.4	87.0 (MF)	4.5 "
Testigo	28.4	85.3 (F)	4.5 "

ns= diferencias entre tratamientos no significativas de acuerdo con el análisis de varianza. Resistencia: F = Fuerte; MF = Muy Fuerte. Finura: M = Media.

## Fertilidad del suelo

**Materia orgánica.** La aplicación de biosólidos en un solo ciclo de algodónero no afectó el porcentaje de materia orgánica (cuadro 5). Todos los valores obtenidos fueron menores de 1%. En condiciones naturales, la materia orgánica en regiones semiáridas es muy baja. La dosis utilizada de 10 impacta muy poco en la materia orgánica del suelo, ya que representa 7 ton ha<sup>-1</sup> de materia orgánica y el estrato de 0-15 cm en una ha de terreno puede pesar unos 2 millones de ton; es decir, que la dosis de biosólidos utilizada representa un 0.00035% del peso del suelo. Las aplicaciones continuas de biosólidos pueden contribuir con materia orgánica al suelo. Cogger *et al.*, (2001) encontraron aumentos en materia orgánica de 2.8 a 3.6% después de siete años de aplicar 20.2 ton ha<sup>-1</sup> de biosólidos.

**Cuadro 5.** Materia orgánica, CE y PSI en las parcelas con biosólidos.

Tratamiento	Profundidad cm	Materia orgánica %	CE dS m <sup>-1</sup>	PSI %
Biosólido	0-30	0.49 ns	4.80 ns	6.6 ns
	30-60	0.33	6.77	6.8
	60-90	0.57	6.56	6.3
Fertilizante	0-30	0.31	4.57	4.8
	30-60	0.24	6.03	5.0
	60-90	0.12	4.85	5.5
Testigo	0-30	0.52	4.47	4.7
	30-60	0.33	5.05	4.7
	60-90	0.09	4.74	5.7

ns= diferencias entre tratamientos no significativas de acuerdo con el análisis de varianza.

**Salinidad.** La condición de salinidad del suelo no se vio afectada por la aplicación de biosólidos. De acuerdo con los análisis de varianza, ninguna de las variables anotadas en el cuadro 5 presentaron diferencias significativas por efecto de los tratamientos. La CE del suelo, medida en extracto de saturación, varió de 4.5 a 6.8 dS m<sup>-1</sup> en el lote donde se aplicaron biosólidos, con una tendencia de mayor CE a mayor profundidad de suelo. Un suelo

se clasifica como salino cuando la CE es igual o mayor de 4.0 dS m<sup>-1</sup>. El algodónero es un cultivo tolerante a la salinidad, ya que el rendimiento se ve afectado a partir de un valor límite de tolerancia (VLT) de 7.7 dS m<sup>-1</sup>, con una pendiente, o porcentaje de disminución del rendimiento, de 5.2% por unidad de CE que se incremente a partir del VLT (Maas, 1990).

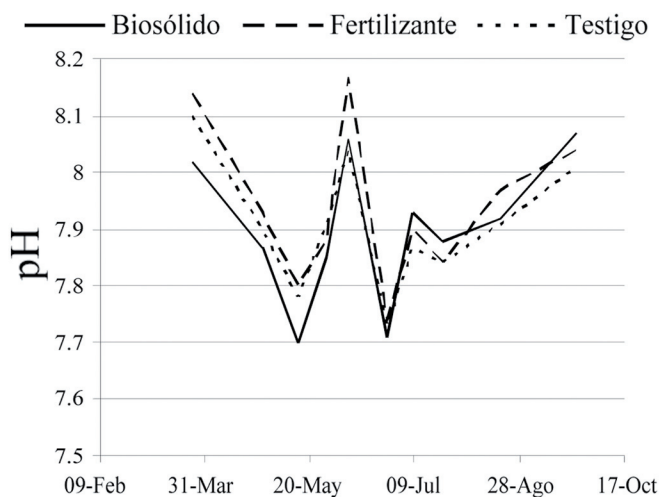
El proceso de estabilización alcalina consiste en aplicar cal (CaO) a los biosólidos en cantidad suficiente para elevar el pH a un valor de 12 después de 2 hr de contacto (US-EPA, 1994). En los biosólidos utilizados en el presente estudio se aplicó un 17 a 20% de cal con base en peso seco. La disociación de Ca(OH)<sub>2</sub> produce el aumento del pH y una gran cantidad de calcio soluble (cuadro 1). El calcio soluble influye en propiedades químicas del suelo, como el (PSI) y la disponibilidad de nitrógeno a los cultivos (Feen *et al.*, 1995). Es probable que la mayor parte del Ca soluble se haya lixiviado y por eso no se refleja en los valores de Ca y de RAS observados al final del ciclo (cuadro 6).

**pH.** En la figura 1 se ilustra la evolución del pH del suelo durante el ciclo de cultivo, en muestras tomadas cada 15 días. La aplicación de biosólidos con cal no influyó en el pH del suelo. Al final del ciclo, las diferencias en pH del suelo no fueron significativas (P > 0.05). Como los biosólidos se aplicaron antes del riego de presembrado y la semilla se sembró dos semanas después del riego, para entonces el pH del suelo con biosólidos era ya de 8.3, lo cual fue muy similar al pH del suelo sin biosólidos. En suelos ácidos, Stehouwer y McNeal (2004) no observaron incrementos significativos del pH del suelo con la aplicación de 9 a 36 ton ha<sup>-1</sup> (MS) de biosólidos estabilizados con cal.

**Nitrógeno.** Durante las primeras semanas, las parcelas con biosólidos tuvieron una concentración de N mayor que en las parcelas con fertilizante. La concentración de N se incrementó durante el mes

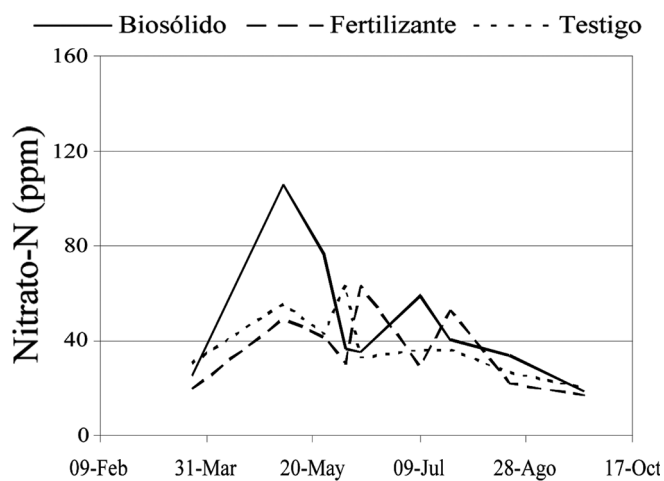


de abril y los primeros días de mayo, alcanzando valores arriba de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ , para luego disminuir en los últimos días de mayo (figura 2). Esta caída en la concentración de N coincide con el inicio de la formación de órganos fructíferos, por lo que es posible que esa disminución se deba a un incremento en la absorción de nitrógeno por el cultivo. La mayor absorción de nitrógeno por el algodónero ocurre precisamente al inicio de la formación de órganos fructíferos (Doerge *et al.*, 1991). Los resultados anteriores confirman que es posible estimar dosis de aplicación de biosólidos en base al requerimiento de nitrógeno del cultivo (Henry *et al.*, 1999), al igual que con estiércol (Marquez *et al.*, 2006) y fertilizantes convencionales (Meisinger y Randall, 1991).



**Figura 1.** Valores de pH del suelo durante el ciclo de cultivo, en las parcelas con biosólidos.

Después de la elevada liberación de nitrógeno al inicio del ciclo en el suelo tratado con biosólidos, en algunas fechas de muestreo hubo mayor nitrógeno inorgánico en las parcelas con fertilizante convencional. La alta solubilidad del sulfato de amonio contribuye a una rápida disponibilidad del N, pero también a pérdidas por lixiviación. Lo anterior es importante tomarlo en cuenta para calcular dosis de aplicación, ya que si se aplican biosólidos en exceso, se corre el riesgo de contaminar el acuífero con  $\text{NO}_3^-$ . Palomo *et al.*, (2000) encontraron una mayor concentración de nitrógeno inorgánico en el agua de drenes agrícolas del Valle de Juárez, Chih., en comparación con el agua residual utilizada como fuente de riego.



**Figura 2.** Concentración de N inorgánico durante el ciclo de algodónero.

## CONCLUSIONES

La aplicación de biosólidos de PTAR pueden aportar todo el N y P que el algodón requiere para alcanzar rendimientos acordes al potencial productivo del suelo. Cuando los biosólidos estabilizados con cal se evaluaron en un suelo arenoso, el rendimiento fue similar al obtenido con fertilizante inorgánico. Ninguna de las variables del desarrollo del cultivo ni parámetros de rendimiento evaluados, fueron afectados significativamente por el uso de biosólidos como fertilizante orgánico. El pH del suelo no varió significativamente con la aplicación de biosólidos encalados. Otras propiedades del suelo, como materia orgánica, conductividad eléctrica y RAS no fueron afectadas por la aplicación de biosólidos, aunque un cambio en las propiedades físicas y en la materia orgánica del suelo es de esperarse con aplicaciones continuas a un mismo sitio. La concentración de N inorgánico en las parcelas con biosólidos fue superior a la registrada en las parcelas con fertilizante inorgánico. El N inorgánico se incrementó en las tres semanas siguientes a la aplicación; después, en los últimos días de mayo la concentración disminuyó. Este periodo del ciclo coincidió con el inicio de la formación de órganos fructíferos, que es cuando ocurre una absorción acelerada de nitrógeno por el cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Assadian, N.W., C.L. Esparza, Ponce, L.B. Fenn, C. Marlene, M. Ali, A.M. Mahlen y D. Bonnell. 1995. "Cotton responses to land application of water and wastewater residuals in El Paso County". Research Report. Texas A&M Research Station, El Paso, TX.
2. Cogger, C.G., A.I. Bary, S.C. Fransen y D.M. Sullivan. 2001. "Seven years of biosolids versus inorganic nitrogen applications to tall fescue". En: *J. Environ. Qual.* 30: 2188-2194.

3. Conagua. 2006. Estadísticas del agua en México –síntesis. Comisión Nacional del Agua. P. 106.
4. Corral D.B. 2000. "Evaluación de variedades de algodón PV". 1999. En el Valle de Juárez, Chih. P. 19.
5. Doerge, T.A., R.L. Roth y B.R. Gardner. 1991. *Nitrogen fertilizer management in Arizona*. Tucson, AZ. College of Agriculture, University of Arizona.
6. Fenn, L.B., B. Hasanein y C.M. Burks. 1995. "Calcium-ammonium effects on growth and yield of small grains". En: *Agron. J.* 87: 1041-1046.
7. Henry, C., D. Sullivan, R. Rynk, K. Dorsey y Cogger. 1999. *Managing nitrogen from biosolids*. Washington. Washington Department of Ecology.
8. Lue-Hing, C., R.I. Pietz, T.C. Grant, J. Gschwind y D.R. Zenz. 1994. "Overview of the Past 25 Years: Operator's Perspective". En: C.E. Clapp, W.E. Larson y R.H. Dowdy, (eds). *Sewage Sludge: land utilization and the environment*. Madison, WI. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America.
9. Márquez, R., J.L. Figueroa, W. Cueto, y G.A. Palomo. 2006. "Eficiencia de recuperación de nitrógeno de estiércol bovino y fertilizante en una rotación sorgo – trigo para forraje". En: *Agrofaz* 6: 145-151.
10. Mass, E.V. 1990. "Crop salt tolerance". En: Tanji, K.K. (Ed.). *Agricultural salinity assessment and management*. New York, NY. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71.
11. Meisinger, J.J. y G.W. 2001. "Randall. Estimating nitrogen budgets for soil-crop systems". En: Follet, R.F., D.R. Keeney y R.M. Cruse (Eds.). *Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability*. Madison, WI. Soil Science Society of America Journal. Pp. 85-124.

12. Mulvaney, R.L. 1996. "Nitrogen-inorganic forms". En: D.L. Sparks (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 3. Madison, W.I. SSSA Book Ser. 5. SSSA. Pp. 1123-1184.
13. Page A.L. y A.C. Chang. 1994. "Overview of the past 25 years: Technical perspective". En: Clapp, C.E. (Ed). *Sewage Sludge: Land utilization and the environment*. Madison, WI. American Society of Agronomy. Pp. 3-6.
14. Palomo R., M. Grajeda y F. Núñez. 2000. "Contaminación en la agricultura del Valle de Juárez por el uso de aguas residuales". Informe de Investigación. INIFAP-CEVAJ.
15. SAS Institute. 2001. SAS Version 8.02. SAS Inst., Cary, NC.
16. Sieger, R.B. 1999. "Biosolids management in the USA using the EPA Part 503 regulations". En: 7ª. Reunión Internacional Expo Agua'99. Sociedad Mexicana de Aguas, AC. Monterrey, N.L.
17. Stehouwer, R.C. y K.E. Macneal. 2004. "Effect of alkaline-stabilized biosolids on alfalfa molybdenum and copper content". En: *J. Environ. Qual.* 33: 133-140.
18. Sullivan, D. 1998. "Fertilizing with biosolids". En: *PNW 508*. Corvallis, OR. Oregon State University,
19. US-EPA. 1994. *A plain English guide to the EPA Part 503 biosolids rule*. EPA/832/r-93/003. Washington, DC. Pp. 176.



■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Xenobióticos: una paradoja biomédica

Arturo Salame-Méndez,<sup>1\*</sup> José Luis Gómez-Olivares,<sup>2</sup> Rafael Valencia-Quintana,<sup>3</sup> Alondra Castro-Campillo,<sup>4</sup>  
José Ramírez-Pulido,<sup>4</sup> María Dolores García-Suárez<sup>4</sup> y Héctor Serrano.<sup>2</sup>

## RESUMEN

Como consecuencia del incremento de sustancias producidas por la industria químico-farmacéutica, las cuales son ampliamente utilizadas en diversos campos de la actividad humana, se ha provocado la contaminación de la atmósfera, así como de nuestros reductos ecológicos tales como mares, ríos, bosques y zonas de cultivo. Contaminación que en conjunto ha repercutido tanto en la salud humana como de los animales domesticados y de la fauna silvestre a grado tal que algunas especies están en peligro de extinción. En este trabajo se describen qué son, cómo actúan y la repercusión de las sustancias contaminantes denominadas xenobióticos. Además de ejemplificar su impacto tanto en la salud humana como su acción negativa en la fauna silvestre. Constatándose cómo en aras del progreso, también provocamos daños, a tal grado que pueden ser irreversibles; de ahí la paradoja biomédica.

**Palabras clave:** Xenobióticos, compuestos orgánicos persistentes (COPs), disrupción endocrina, salud, reproducción, humanos, fauna silvestre, *Peromyscus*.

## INTRODUCCIÓN

La década de los años sesenta del siglo pasado fue un parteaguas en diversos escenarios a nivel mundial destacando el político, económico y social. En este último se suscitaron cambios a nivel artístico, cultural y de salud que se vio ensombrecido por dos sucesos. En octubre de 1957 salió a la venta un producto farmacéutico elaborado por Chemie Grünenthal (Stolberg, Alemania) denominado Contergan que actuaba como somnífero, sedante, además de disminuir los malestares de las náuseas en las

mujeres embarazadas. En 1961, el Dr. Widukind Lenz expone en la reunión anual de pediatría de Renania-Westfalia la sospecha de que la ingestión del Contergan cuyo principio activo era la Talidomida podría ser el causante del aumento de infantes con alteraciones en sus miembros anteriores y/o posteriores. La sospecha de Lenz fue confirmada, pues estudios posteriores demostraron la íntima relación de los casos de dismelia (del Gr. dys, carencia; melos, miembro) en infantes concebidos de madres que consumieron el fármaco durante periodos prolongados de su embarazo. Solamente en

Departamentos de Biología de la Reproducción,<sup>1\*</sup> de Biología<sup>5</sup> y de Ciencias de la Salud.<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186. Col. Vicentina. Iztapalapa. México 09340. Centro de Genética y Ambiente. Universidad Autónoma de Tlaxcala.<sup>3</sup>

la Alemania Federal se registraron más de dos mil casos de dismelia.

Por otra parte, un año después que Lenz diera a conocer su sospecha de que la talidomida causaba dismelia, se publicó un libro revelador a la vez que impactante: *Primavera Silenciosa* de la bióloga Raquel Carson; en el cual la autora reseña diversos acontecimientos negativos sobre numerosas poblaciones tanto de plantas como de animales, así como en el ser humano acaecidos en distintos países al utilizar plaguicidas sintéticos como el dicloro-difenil-tricloroetano (DDT). Los argumentos expuestos por Carson para algunos fueron alarmistas, sin embargo, el tiempo justificó sus advertencias, que aunado a lo descrito por Lenz, dio lugar a implementar reglamentos y leyes para el uso de productos químico-farmacéuticos.

Las sustancias elaboradas por la industria químico-farmacéutica y algunas producidas por las plantas y animales como resultado de su metabolismo, pueden tener efectos “positivos -benéficos-” o “negativos -dañinos-” en humanos, animales domesticados y de vida libre, así como en plantas. Por alterar las funciones de los organismos, a estas sustancias en conjunto se les ha denominado xenobióticos (del Gr. *xeno*, extraño; *bio*, vida).

Los efectos de algunos xenobióticos pueden considerarse benéficos debido a que coadyuvan en la salud como es el caso de anticonvulsivos y vitaminas. Sin embargo, también hay nocivos que pueden provocar teratogénesis y disminución de la capacidad reproductiva (Sower *et al.*, 2000). Respecto a esto último, los xenobióticos pueden provocar disrupción en la fisiología de algunos órganos o sistemas, siendo uno de éstos el endocrino. A este grupo específico se les denomina disruptores endocrinos debido a que xenobióticos interfieren con la función normal de las hormonas endógenas, por ejemplo, las relacionadas con la reproducción como lo son las hormonas esteroideas sexuales.

El disruptor endocrino provoca su efecto de manera diversa; debido a que su estructura química al ser similar a la de una hormona endógena “en-

gaña” al receptor en la célula blanco. Al unirse a él puede llevar a cabo el efecto biológico, tanto que puede actuar como agonista o bloquearlo actuando entonces como antagonista. Por lo tanto, la hormona no realiza un efecto debido a que su receptor está ocupado por el “xenobiótico intruso”. También, interfieren con la inactivación y eliminación de la hormona endógena. Por ejemplo, inhiben la acción de enzimas involucradas en el proceso de inactivar a la hormona impidiendo su eliminación por el sistema excretor. Este hecho que provoca que la concentración de la hormona circulante se incremente por arriba de los valores considerados fisiológicos, aunado a que su acción continúa por lapsos prolongados.

Ahora bien, en el aire, así como en mares, ríos, zonas acuíferas y terrestres, por ejemplo, áreas de pastoreo para ganado bovino, hay xenobióticos tanto naturales como de origen sintético. Se ha demostrado que algunos de estos tienen efecto de disruptores endocrinos nocivos, que pueden provocar teratogénesis o alteraciones histomorfológicas en tejidos del aparato urogenital tanto en humanos como en especies de fauna silvestre (Manning, 2005). Esto ha llamado fuertemente la atención de la comunidad científica y de la sociedad.

McLachlan y Newbold descubrieron que algunas sustancias químicas de uso industrial y agrícola tenían propiedades similares a los estrógenos —nombrados por ellos estrógenos exógenos o estrógenos medioambientales— actuando por un mecanismo que involucraba —por la afinidad de estas sustancias— su unión a receptores hormonales. Propuesta que se le denominó: hipótesis endocrino medioambiental o hipótesis del disruptor endocrino (en Krimsky, 2001). Por lo tanto, el término disruptor endocrino o agente hormonalmente activo, se usan para indicar una sustancia química que tenga un efecto similar a una hormona y afecte o interfiera (disruptor) con la señal hormonal en un organismo (Krimsky, 2001).

Partiendo de la premisa de que existen xenobióticos (o químicos) medioambientales que pro-

vocan disrupción endocrina, xenobióticos disruptores endocrinos (XDE) o químicos disruptores endocrinos (QDE), que pueden provocar teratogénesis y/o interferir la fisiología reproductiva tanto en humanos como en especies de fauna silvestre, se han estudiado de manera sistemática algunas de estas sustancias. El bisfenol-A (BPA) es muy utilizado en la elaboración de plásticos de cloruro de polivinilo o de policarbonato a partir de los cuales se conforma diversidad de productos como bolsas y envases. Sin embargo, se ha demostrado que el BPA es teratogénico y estrogénico. Los bifenilos policlorados (PCBs) fueron ampliamente usados como refrigerantes y a partir de los estudios de Mario J. Molina y F. Sherwood Rowland —galardonados con el Premio Nobel de Química en 1995— se alertó y constató su efecto sobre la “disminución o adelgazamiento” de la capa de ozono; por lo que actualmente está prohibido su uso. Pero también se sabe que algunos PCBs provocan alteraciones del oído interno de infantes, debido a que se unen tanto a proteínas de transporte como al receptor de hormonas tiroideas lo que favorece la rápida eliminación de las hormonas (Cheek *et al.*, 1999); además pueden provocar cáncer y alteraciones histomorfológicas del tracto reproductor debido a su similitud con el dietilestilbestrol (DES).

El DES es un estrógeno sintético agonista del estradiol usado desde hace más de cuatro décadas para evitar el nacimiento prematuro de infantes (Hodges *et al.*, 2001; Palmund, 1996). Sin embargo, la exposición *in utero* al DES induce alteraciones en el tracto genital de mujeres y en ratones y ratas hembras (Haney *et al.*, 1979). El DDT y su derivado metabólico DDE, la dioxina y atrazina que son las sustancias activas de plaguicidas, tienen acción estrogénica e inhiben la acción de andrógenos es decir, son antiandrogénicos (Davis *et al.*, 1993; Kelce *et al.*, 1995).

¿Por qué el DES, PCBs, DDE, dioxina, atrazina y el DDT son xenobióticos con efecto estrogénico o antitiroideo? Este cuestionamiento se explica por qué en su estructura tiene al menos un grupo

aromático —fenol— con o sin un grupo funcional hidroxilo o halógeno (v. gr., cloro). Esto las hace similares a la hormona estradiol (E2) y tiroxina (T4), respectivamente. Por lo tanto, al unirse a los receptores en los tejidos blanco o a proteínas que transportan estas hormonas, provocan los efectos de disrupción hormonal o endocrina. Pero también pueden actuar sobre la síntesis de hormonas esteroideas (Crain *et al.*, 1997; Kniewald *et al.*, 1995) e inducir la activación del gen de la aromatas (citocromo P450-19 -CYP19-) resultando en la biosíntesis de esta enzima y así aumentar la producción de estrógenos, por ejemplo, de E2 (Sanderson *et al.*, 2000).

¿Solamente hay xenobióticos estrogénicos? No, también hay xenobióticos antiandrogénicos. En este sentido se ha informado el aumento de hipospadia (disminución del tamaño del pene) en humanos (Paulotzi, 1999) y cocodrilos (Milnes *et al.*, 2005). En los machos los andrógenos y en particular la acción de  $5\alpha$ -dihidroxi-testostona (DHT) es esencial para la diferenciación de los genitales externos, según ha sido demostrado a partir de los estudios sobre el síndrome de insensibilidad a andrógenos que causa pseudohermafroditismo masculino (Wilson, 1992). Pero también sustancias antiandrogénicas como la flutamida y el acetato de ciproterona provocan la hipospadia (Silversides *et al.*, 1995). Por lo tanto, se ha propuesto que este aumento de patología en los humanos se deba a xenobióticos con actividad antiandrogénica (Kelce y Wilson, 1997) ya sea por inhibir la  $5\alpha$ -reductasa y/o al unirse al receptor de andrógenos y así bloquearlo.

El efecto de los xenobióticos es acumulativo. Tanto los PCBs y el DDT al ser sustancias lipofílicas se almacenan en diversos tejidos tanto de animales como del humano, además de que el tiempo de degradación ambiental —vida media— es prolongada, mayor a una década. Por esta razón, a estos compuestos se les ha agrupado con el nombre genérico de Compuestos Orgánicos Persistentes —COPs—. Por lo tanto, el efecto de estas sustan-

cias en mares, esteros, lagos y lagunas, así como en diferentes ecosistemas terrestres del planeta representan una seria forma de contaminación que aunado al impacto del Calentamiento Global ponen en peligro la biodiversidad de flora y fauna y la salud humana.

De lo antes mencionado baste mencionar lo siguiente. Se ha demostrado que en países Europeos y del Continente Americano en diferentes zonas acuíferas hay la presencia de productos (derivados o metabolitos) farmacéuticos como el analgésico naproxeno, de cosméticos, fragancias y “bronceadores”, y de sustancias naturales como la estrona, estrógeno abundante en mujeres (Belfroid *et al.*, 1999; Ternes *et al.*, 1999; Boyd y Greem, 2001). Su persistencia puede deberse al amplio consumo de fármacos, cosméticos y sustancias naturales al ser desechados y recolectarse en el drenaje, son nuevamente vertidos al agua potable para el consumo humano o de riego una vez “purificadas” en las plantas de tratamiento de “aguas negras”. Igualmente puede deberse al uso de fármacos en el área pecuaria, que de la misma manera antes descrita, el desecho y vertido al drenaje no es tan riguroso como el desarrollado para el uso humano. Esta agua utilizada para el riego agrícola. Estos hechos son importantes de considerar debido a que productos de amplio uso y considerados “inocuos” pueden ser potenciales XDE en humanos (Waring y Harris 2005) y especies de fauna silvestre (Gillette *et al.*, 1995).

En nuestro país son muy escasos los estudios que evalúan el impacto de xenobióticos. Valdez-Salas *et al.* (2000) en el Valle de Mexicali encontraron muy altas concentraciones de diversos plaguicidas en aire, suelo y agua, incluso varios de uso restringido o prohibidos en el país. Estos contaminantes se encontraron en casi 3000 m<sup>3</sup> de desechos tóxicos almacenados en lugares o basureros clandestinos. Según estos autores, algunos de los recipientes al ser vaciados, la gente los reutiliza para almacenar agua para su uso doméstico. Reportan además que en el estado de Baja California durante la década

de 1960, se produjo una intoxicación muy severa en donde más de 500 personas fallecieron, en su mayoría niños, debido al consumo de pan cuya harina estaba contaminada con el plaguicida paratión. Sin embargo, de 1994 a 1999 se incrementaron las intoxicaciones por plaguicidas, siendo estas mayores en la población adulta seguida de la infantil, correspondiendo estos casos durante los meses de julio a octubre, ya que son las temporadas de uso de intenso de plaguicidas en los campos agrícolas en el Valle de Mexicali.

Los hechos arriba mencionados son tan solo referidos para el humano ¿pero cuál será su efecto en poblaciones de fauna silvestre? Se desconoce. Hasta ahora en el país no hay estudios sobre el efecto de xenobióticos de origen natural o sintético en la biología de vertebrados silvestres. Un acercamiento sobre el tema de los xenobióticos en vertebrados silvestres es el que hemos estado realizando. Nuestro grupo está empleando como modelo biológico especies de roedores del Género *Peromyscus* de vida libre. En primera instancia, hemos visto que el tratamiento oral con un fitoestrógeno natural permite localizarlo de manera diferencial en *Peromyscus melanotis* y *P. difficilis* tanto en el tracto digestivo como en los testículos, además de constatarse una disminución importante de los espermatozoides acumulados en el epidídimo. Este resultado permite hipotetizar que estos roedores que habitan en simpatria, aunque se alimenten de lo mismo tienen un metabolismo específico para digerir de manera diferente los fitoestrógenos. Por lo tanto, en algunas especies estas sustancias podrían actuar como disruptores endocrinos en su reproducción o no tener dicho efecto.

Por otra parte, tratando de evaluar el efecto de los xenobióticos presentes en sistemas hidrológicos sobre la neurofisiología del humano y de fauna silvestre, hemos valorado el efecto del agua proveniente de diferentes zonas acuíferas del estado de Tlaxcala en las mismas especies de roedores. Demostrándose que en todas las muestras se encontraron tanto restos de plaguicidas como disminución



de la actividad colinérgica en músculo esquelético de los ratones expuestos.

Por lo antes expuesto, el estudio de los xenobióticos es necesario en nuestro país, y otros en donde la biodiversidad tanto de plantas como de animales es extraordinariamente rica. Si se realizan estudios que permitan evaluar la asociación entre la disminución de una o varias poblaciones animales y vegetales en un ecosistema con la presencia de xenobióticos medioambientales, así como los encaminados a conocer los mecanismos por los cuales ejercen su efecto nocivo, nos permitirá plantear programas de manejo integral y sustentable para la conservación de las poblaciones y del ecosistema.

Por lo tanto, el impacto de los xenobióticos es multifactorial, ya sean sus efectos “positivos” o “negativos” dan pauta a estudiarlos de manera multidisciplinaria. Lo cual, en conjunto, permite establecer una paradoja en el ámbito biomédico: el de aprender a estudiar los efectos de xenobióticos para proponer estudios que den alternativas de bio-remediación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Belfroid, A. C., A. Van der Horst, A.D. Vethaak, A.J. Schäfer, G.B.J. Rijs, J. Wegener y W.P. Cofino. 1999. “Analysis and occurrence of estrogenic hormones and their glucuronides in surface water and waste water in The Netherlands”. En: *The Science of the Total Environment*. 225(1-2): 101-108.
- Boyd, G. R., y D.A. Grimm. 2001. “Occurrence of pharmaceutical contaminants and screening of treatment alternatives for Southeastern Louisiana. Environmental Hormones”. En: *Environmental Hormones: The scientific basis of endocrine disruption* (John A. McLachlan, Louis J. Guillete, Taisen Iguchi y William A. Toscano, Jr. Eds.). Vol. 948. Annals of the New York Academy of Sciences. Pp. 80-89.
- Crain, D.A., L. J. Guillette, A.A. Rooney y D.B. Pickford. 1997. “Alterations in steroidogenesis in alligators (*Alligator mississippiensis*) exposed naturally and experimentally to environmental contaminants”. En: *Environ. Health Perspect.*, 105: 528-533.
- Cheek, A., K. Kow, J. Chen y J.A. McLachlan. 1999. “Potencial mechanisms of thyroid disruptor in humans: Interaction of organochloride compounds with thyroid receptor, transthyretin and thyroid-binding globulin”. En: *Environ. Health Perspect.*, 107: 273-278.
- Davis, D.L., H.L. Bradlow, M. Wolff, T. Woodruff, D.G. Hoel y H. Anton-Cuiver. 1993. “Xenoestrogens as preventable causes of breast cancer”. En: *Environ. Health Perspect.*, 101: 372-377.
- Guillette, Jr., L.J., D.A. Crain, A.A. Rooney y D.B. Pickford. 1995. “Organization versus activation: the role of endocrine-disrupting contaminants (EDCs) during embryonic development in wildlife”. En: *Environ. Health Perspect.*, 103(Suppl 7): 157-164.
- Haney, A.F., C.B. Hammond, M.R. Soules y W.T. Creasman. 1979. “Diethylstilbestrol-induced upper genital tract abnormalities”. En: *Fertil. Steril.*, 31(2): 142-146.
- Hodges, L.C., D.B. Hunter, J.S. Bergerson, R. Fuchs-Young y C.L. Walker. 2001. “An *in vivo/in vitro* model to assess endocrine disrupting activity of xenoestrogens in uterine leiomyoma”. En: *Environmental Hormones: The scientific basis of endocrine disruption* (John A. McLachlan, Louis J. Guillete, Taisen Iguchi and William A. Toscano, Jr. Eds.). Vol. 948. Annals of the New York Academy of Science. Pp. 100-111.
- Kelce, W.R., C.R. Stone, S.C. Laws, L.E. Gray, J.A. Kempainen y E.M. Wilson. 1995. “Persistent DDT metabolite p,p'-DDE is a potent androgen receptor antagonist”. En: *Nature*. 375: 581-585.
- Kelce, W.R. y E.M. Wilson. 1997. “Environmental antiandrogens: developmental effects, molecular mechanisms, and clinical implications”. En: *J. Mol. Med.*, 75: 198-207.
- Kniewald, J., V. Osredecki, T. Gojmerac, V. Zech-

- ner y Z. Kniewald. 1995. "Effect of *s*-triazine compounds on testosterone metabolism in the rat prostate". En: *J. Applied Toxicol.*, 15(3): 215-218.
- Krimsky, S. 2001. "An epistemological inquiry into the endocrine disruptor thesis". En: *Environmental Hormones: The scientific basis of endocrine disruption* (John A. McLachlan, Louis J. Guillette, Tsaisen Iguchi and William A. Toscano, Jr. editors). Vol. 948. Annals of the New York Academy of Sciences. Pp. 130-142.
- Manning, T. 2005. "Endocrine-disrupting chemicals: A review of the state of the science". En: *Australasian J. Ecotoxicol.*, 11(1): 1-52.
- Milnes, M.R., D.S. Bermudez, T.A. Bryan, M.P. Gunderson y L.J. Guillette. 2005. "Altered neonatal development and endocrine function in *Alligator mississippiensis* associated with a contaminated environment". En: *Biol. Reprod.*, 73(5): 1004-1010.
- Palmund, I. 1996. "Exposure to a xenoestrogen before birth: The diethylstilbestrol experience". En: *J. Psychosom. Obstet. Gynecol.*, 17: 71-84.
- Paulozzi, L.J. 1999. "International trends in rates of hypospadias and cryptorchidism". En: *Environ. Health Prospect.*, 107: 297-303.
- Sanderson, J.T., W. Seinen, J.P. Giesy y M. van den Berg. 2000. "2-Chloro-*s*-triazine herbicides induce aromatase (CYP19) activity in H295R human adrenocortical carcinoma cells: A novel mechanism for estrogenicity?". En: *Toxicol. Sciences.* 54:121-127.
- Sower, S.A., K.L. Reed y K.J. Babbitt. 2000. "Limb malformations and abnormal sex hormone concentrations in frogs". En: *Environ. Health Perspect.*, 108(11): 1085-1090.
- Silversides, D.W., C.A. Price y G.M. Cooke. 1995. "Effects of short-term exposure to hydroxyflutamide in utero on the development of the reproductive tract in male mice". En: *J. Physiol. Pharmacol.*, 73(11): 1582-1588.
- Ternes, T.A., M. Stumpf, J. Mueller, K. Haberer, R.D. Wilken y M. Servos. 1999. "Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants-I. Investigations in Germany, Canada and Brazil". En: *Science. Total Environ.*, 225 (1-2): 81-90.
- Valdez-Salas, B., E.I. García-Durán, J.M. Cobo-Rivera y G. López-Badilla. 2000. "Impacto de los plaguicidas en la salud de los habitantes del Valle de Mexicali, México". En: *Rev. Ecol. Lat. Am.*, 6(3): 15-21.
- Waring, R.H. y R.M. Harris. 2005. "Endocrine disrupters: A human risk?". En: *Mol. Cell. Endocrinol.*, 244(1-2): 2-9.
- Wilson, J.D. 1992. "Syndromes of androgen resistance". En: *Biol. Reprod.*, 46(2): 168-173.

# Instructions to Authors

*The Editorial Board of the journal **Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ**, invites authors to submit manuscripts under three categories: research articles, short manuscripts (which will be short articles showing results of undergraduate thesis and written by the undergraduate students, reviewed by their advisers), and invited reviews. Manuscripts should be sent to the Editor in Chief, according to the following specifications:*

1. Papers should be from original research and with scientific content.
2. Once published, articles cannot be published elsewhere in the same form, in any language, without the consent of UACJ publishers.
3. Papers may be: research articles, short manuscripts and invited reviews, belonging to the fields of natural or exact sciences (biology, life sciences, chemistry, mathematics, physics, etc). Final decisions concerning acceptability of the manuscripts will be made by the Editorial Board.
4. Papers may be written in English, Spanish or any Romance language. If a translation to Spanish is submitted, the text in original language should also be provided. Abstracts written both in Spanish and English should also be provided.
5. Originals are not sent back.
6. If the author fails to respond to the final comments of the Editorial Board of *Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ*, the journal can make editing changes which do not modify the original content of the article.
7. Papers should meet the following format:
  - Short and concise title, written in both English and Spanish or Romance languages.
  - A brief abstract between 40 and 150 words, which should also be written in both languages.
  - Name and nationality of authors.
  - Affiliation of authors, including highest degree and research field of all authors.
  - Author affiliations should be included as footnotes starting from number 1.
  - Ex. Ramírez, J. L.<sup>1</sup> y Martínez, R.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Universidad de Puebla, México.  
<sup>2</sup> Universidad de Santiago Compostela, España.
  - Footnotes should be posted at the bottom left side of the page where they are mentioned.
  - Specify type of paper, i.e. Research article, Short manuscript or Invited Review.
  - Postal address of the corresponding author, which includes: telephone, fax and e-mail. Corresponding author should be highlighted with an asterisk (\*) mark.
  - Manuscripts should be submitted in triplicate, printed in one side only, letter or A4 size paper, double-spaced, with margins of 3 cm.
  - A disk copy of the manuscript in Win/Word 6.0 or higher, should also be provided. Figures and tables should be sent in Excel or WinWord 97, each saved in a different file.
  - For Research articles, manuscript length should be between 10 and 30 pages, plus figures and tables. Short manuscripts should be shorter than 10 pages, plus figures and tables.

- Figures and tables should be mentioned in the text, and numbered in arabic numbers. The software in which they were created, should be mentioned.
- Figure and table legends should be concise and understandable, and should be listed at the end of the manuscript (after references).
- Bibliographic references should be quoted in the text by writing the last name of the first author and publication year between parenthesis. References will be included at the end of the text, ordered alphabetically.
- In references for book titles, capital letters should be used only at the beginning of the title and on authors names.
- When using abbreviations, the full meaning of them should be provided, when mentioned for the first time.
- Bibliographic references should be formatted as follows:

*Book references:*

**Author's last name, name (year).** "*Book title*". City: Editorial. Total pages.

Ex:

**Foucault, Michael (1984).** "*Las palabras y las cosas*". México: Siglo XXI. pp. 200.

*Book section references:*

**Author's last name, first name (year).** "*Section title*". En: Editor's name and last name (ed.). *Book title*. City: Editorial. pages.

Ex:

**Levine, Frances (1991).** "*Economic perspectives on the Comanchero trade*". En: Catherine A Spielmann (ed.). *Farmers, hunters and colonists*. Tucson, AZ: The University of Arizona Press. 155-169.

*Journal references:*

**Auhor's last name, fist name(s) initial(s); other authors. (year).** "Article's title". *Journal abbreviation*, volume, pages.

Ex:

**Sagara, Y., Fernandez-Belda, F., de Meis, L. e Inesi, G. (1992).** "Characterization of the inhibition of intracellular Ca<sup>2+</sup> transport ATPases by thapsigargin". *J. Biol. Chem.*, 267, 12606-12613.

**Rivas-Cáceres, R. (1999).** "Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente". *Ciencia en la Frontera*, 1, 29-32.

# Normas de publicación para los autores

*El comité editorial de la revista **Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ**, acoge con gusto, propuestas de artículos para su publicación, bajo dos modalidades artículos de investigación y avances de investigación (artículos derivados de tesis de pregrado, escritos por los estudiantes y avalados por sus asesores). Las normas establecidas para la publicación son la siguientes:*

1. Los trabajos deberán ser de *calidad científica e inéditos* avalados por un investigador de carrera.
2. Una vez publicado el artículo, los derechos de autor pasan a la UACJ.
3. Los artículos pueden ser de fondo (artículos de investigación), revisiones invitadas (actualizaciones en temas de investigación) o comunicaciones breves (avances de investigación), los cuales deberán referirse a las áreas de ciencias naturales y exactas, ajustándose al dictamen del comité editorial, el que evalúa su contenido científico de calidad y decide sobre la pertinencia de su publicación.
4. Los trabajos pueden ser enviados para su publicación en el idioma inglés, el español u otras lenguas romances. Si se envía una traducción al español, hay que adjuntar el texto también en forma original. Los artículos deberán incluir resumen en español seguido de uno en inglés (y viceversa).
5. No se devuelven los originales.
6. En caso de que el autor no responda después de haberse presentado las correcciones o dudas de su trabajo, la revista *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, se reserva el derecho de hacer los cambios de edición sin modificar el contenido original de la obra.
7. Los trabajos deben ajustarse a los siguientes requisitos (de no cumplirse con ellos, no se considerarán para su publicación):
  - Título del trabajo, breve y conciso en inglés y español
  - Un resumen del contenido de una extensión aproximada de 40 palabras como mínimo y 150 palabras como máximo que deberá estar en inglés y español.
  - Nombre y nacionalidad del autor
  - Adscripción de todos los autores, incluyendo el máximo grado de estudios y área de especialización.
  - La institución de adscripción de los autores participantes deberá incluirse como un pie de página, comenzando con el número 1.
  - Ejem. Ramírez, J. L.<sup>1</sup> y Martínez, R.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Universidad de Puebla, México.  
<sup>2</sup> Universidad de Santiago Compostela, España
  - Los pies de página, que denotan tanto la institución de adscripción, como ciertos tipos de notas, etc; aparecerán en el margen inferior izquierdo de la página en que sean mencionados.
  - Naturaleza del trabajo: artículo de investigación, avance de investigación, etc.
  - Dirección para correspondencia que incluya: teléfono, fax y correo electrónico. El nombre del autor al cual se dirigirá la correspondencia debe indicarse con un asterisco (\*).

- Presentar 3 originales impresos en una sola cara, en papel Bond tamaño carta o A4, a doble espacio y con márgenes de 3 cm.
- Adjuntar el texto con una copia del trabajo en disquete, en formato Win/Word 6.0 en adelante, los cuadros y figuras en hoja de Excel o Win/Word 97 en adelante. Cada figura deberá estar grabada en un archivo individual.
- La extensión del trabajo deberá ser de un mínimo de 10 cuartillas de texto más las figuras, y de un máximo de 30 cuartillas más las figuras para un artículo de investigación. La extensión de los avances de investigación deberá ser de un máximo de 10 cuartillas de texto más las figuras.
- Las ilustraciones, cuadros y fotografías, deberán referirse dentro del texto, enumerándose en el orden que se cita en el mismo, e indicar el programa de cómputo en el que están elaborados.
- Los pies de figura deberán ser claros de forma que se entiendan sin necesidad de leer el texto. Estas deberán incluirse en un listado después de la bibliografía.
- Las referencias bibliográficas deben asentarse de la forma convencionalmente establecida en español, es decir, indicando estas en el cuerpo del texto con los apellidos del primer autor y año de publicación entre paréntesis, y los datos bibliográficos al final del escrito. La bibliografía se presenta al final del artículo por orden alfabético.
- Al citar los títulos de libro, se deben utilizar mayúsculas solo al inicio y en nombres propios.
- Al menos la primera vez, se deben proporcionar la equivalencia de las siglas empleadas en el texto, en la bibliografía y en los cuadros y las figuras.
- Distribuir los datos de las referencias bibliográficas de la siguiente manera:

*Referencia de libro:*

**Apellidos, nombre del autor (año).** “Título del libro”. Lugar: Editorial. Número de páginas totales.

Ejemplo:

**Foucault, Michael (1984).** “*Las palabras y las cosas*”. México: Siglo XXI. Pp. 30-45.

*Referencia de capítulo de libro:*

**Apellidos, nombre del autor (año).** “Título del capítulo”. En: Nombre y apellido del editor (ed.). *Título del libro*. Lugar: Editorial. Páginas.

Ejemplo:

**Levine, Frances (1991).** “*Economic perspectives on the Comanchero trade*”. En: Catherine A Spielmann (ed.). *Farmers, hunters and colonists*. Tucson, AZ: The University of Arizona Press. 155-169.

*Referencia de revista:*

**Apellido(s) del autor, inicial(es); otros autores. (año).** “Título del artículo”. *Nombre de la revista*, abreviado según el citation index o como aparezca en el artículo original, volumen, páginas.

Ejemplos:

**Sagara, Y., Fernandez-Belda, F., de Meis, L. e Inesi, G. (1992).** “Characterization of the inhibition of intracellular Ca<sup>2+</sup> transport ATPases by thapsigargin”. *J. Biol. Chem.*, 267, 12606-12613.

**Rivas-Cáceres, R. (1999).** Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente. *Ciencia en la Frontera*, 1, 29-32.