

2016, Vol. 12

Núm. 2

---



*Revista Latinoamericana de*  
***Recursos Naturales***

**UNA REVISTA MULTIDISCIPLINAR**

---

© Instituto Tecnológico de Sonora

---

# Revista Latinoamericana de Recursos Naturales<sup>®</sup>

Una revista interdisciplinar para el conocimiento científico de los recursos naturales en Latinoamérica.

---

## **Consejo Editorial**

### *Editores:*

**Fernando Lares Villa** ([fernando.lares@itson.edu.mx](mailto:fernando.lares@itson.edu.mx)), Instituto Tecnológico de Sonora, México.

**Sergio de los Santos Villalobos** ([sergio.delossantos@itson.edu.mx](mailto:sergio.delossantos@itson.edu.mx)), Instituto Tecnológico de Sonora, México.

### *Editor técnico:*

**Roberto Munguía Valencia** ([roberto.munguia@itson.edu.mx](mailto:roberto.munguia@itson.edu.mx)), Instituto Tecnológico de Sonora, México.

**REVISTA LATINOMAERICANA DE RECURSOS NATURALES**, Año 12, No. 24, julio-diciembre 2016, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), a través de la Dirección de Recursos Naturales, con domicilio en 5 de Febrero No. 818 sur Apdo. 335 C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México. Tel:(644)4100923, [www.itson.mx](http://www.itson.mx), [fernando.lares@itson.edu.mx](mailto:fernando.lares@itson.edu.mx). Editor responsable: Dr. Fernando Lares Villa. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-041414023300-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de éste número, Ing. Roberto Munguía Valencia, con domicilio en 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, CP. 85000, fecha de última modificación, 10 de diciembre de 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico de Sonora.

## Prefacio

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), desde su creación, ha trabajado en el desarrollo de alternativas y sistemas de estudios para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, creando la Ingeniería en Ciencias Ambientales con el objetivo de formar recursos humanos con la capacidad de solucionar problemas ambientales y gestionar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, aplicando conocimientos de legislación ambiental, tecnología de descontaminación, diagnóstico y evaluación de impactos ambientales para contribuir al desarrollo sostenible.

En este número final de 2016, se presentan contribuciones científicas que inciden fuertemente en los diversos enfoques y objetivos del ITSON y de nuestra *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*®. La cual surge como una publicación multidisciplinaria enfocada a describir y aportar conocimiento para la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Además, se busca que esta revista sea un vínculo con diversos países para la difusión de los resultados obtenidos en estas áreas, permitiendo así generar colaboraciones fructíferas, independientemente del recurso económico destinado por cada uno de nuestros países a la ciencia y tecnología.

En este número se presentan cinco contribuciones enfocados a la conservación de los recursos naturales, *i.e.* a) efectos del fuego en algunas características de suelos de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba; b) enterobacterias y su resistencia antimicrobiana en el caimán blanco de vida libre en el río Madre de Dios, Tambopata–Perú; c) reducción de cromo hexavalente y degradación de rojo de metilo por bacterias aisladas de sedimentos del Lago de Chapala, México; d) análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del Estado de Campeche (México); e) elección del genotipo de trigo para su uso en sistemas de producción en relevo con algodón, maíz y sorgo.

Los editores:

Fernando Lares-Villa  
Sergio de los Santos Villalobos  
Roberto Munguía Valencia

---

## Enterobacterias y su resistencia antimicrobiana en el caimán blanco (*Caiman crocodilus*) de vida libre en el río Madre de Dios, Tambopata–Perú

N. Carlos-Erazo<sup>1,2\*</sup>, Y. Nuñez del Prado-Reyes<sup>2</sup>, V. H. Gonzales-Ore<sup>2</sup> y C. Capuñay-Becerra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Ecología de Enfermedades y Medicina de la Conservación, Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI), Calle Santa Rita 105 Of. 2, Surco, Lima, Perú.

<sup>2</sup>Universidad Alas Peruanas, Av. Rinconada s/n Pachacamac, Lima, Perú.

---

*Enterobacteriaceae and their antimicrobial resistance in the free-living white caiman (Caiman crocodilus) on the Madre de Dios River, Tambopata, Peru*

### Abstract

Caimans are reptiles that can live close to water sources used by people, they can contaminate the resource and be a risk to human health. The aim of the study was to determine the enterobacteriaceae and antimicrobial resistance of free living spectacled caiman (*Caiman crocodilus*) in the Madre de Dios River, in the province of Tambopata, Peru. On the banks of the river and streams 30 individuals of both genders and different stages of development were captured. After appropriate capture and restraint a cloacal sample was taken with a sterile swab and placed in the Cary Blair transport medium. The samples were kept refrigerated at 4°C until analyzed in Lima City. Cultures were performed on McConkey and SS agar. The process of bacterial identification using biochemical tests (TSI, LIA, SIM, citrate, methyl red and Voges Proskauer) and antimicrobial resistance was evaluated with Kirby Bauer technique (ciprofloxacin, cefoxitin, gentamicin, ampicillin, ac. nalidixic, aztreonam and chloramphenicol) was performed. All samples were positive: 23.33% (7/30) *Escherichia coli*, 10.00% (3/30) *Enterobacter aerogenes*, 40.00% (12/30) *Klebsiella* spp., 13.33% (4/30) *Proteus mirabilis* and 30.00% (9/30) *Shigella sonnei*. Of 35 isolate, 80.0% showed high resistance to chloramphenicol, while for gentamicin resistance was not observed.

**Key words:** Enterobacteriaceae, antibiotic sensitive, alligator, cloacal swabs.

### Resumen

Los caimanes son reptiles, que al vivir cerca a fuentes de agua utilizadas por los pobladores, estas pueden ser contaminadas constituyendo un riesgo para la salud humana. El objetivo del estudio fue determinar las enterobacterias y su resistencia antimicrobiana en el caimán blanco (*Caiman crocodilus*) de vida libre en el río Madre de Dios, provincia de Tambopata, Perú. A las orillas del río y de las quebradas, se capturaron 30 individuos de ambos sexos y en diferentes estados de desarrollo. Después de una apropiada sujeción, se tomó una muestra cloacal con ayuda de un hisopo estéril que se colocó el medio de transporte Cary Blair. Las muestras fueron mantenidas en refrigeración a 4°C hasta su análisis en la Ciudad de Lima, donde se realizaron cultivos en agar Mc Conkey y SS. El proceso de identificación bacteriana se llevó a cabo utilizando pruebas bioquímicas (TSI, LIA, Indol, SIM, Citrato, Rojo de metilo y Voges Proskauer) y la resistencia antimicrobiana se evaluó con la técnica Kirby Bauer (ciprofloxacina, cefoxitina, gentamicina, ampicilina, ac. nalidíxico, aztreonam y cloranfenicol). Todas las muestras fueron positivas: 23.33% (7/30) *Escherichia coli*, 10.00% (3/30) *Enterobacter aerogenes*, 40.00% (12/30) *Klebsiella* spp., 13.33% (4/30) *Proteus mirabilis* y

---

\*Autores de correspondencia  
Email: nancy.carlos.erazo@gmail.com

30.00% (9/30) *Shigella sonnei*. De las 35 colonias aisladas, el 80.00% mostró una elevada resistencia al cloranfenicol, en cambio para gentamicina no se observó.

## Introducción

El caimán blanco (*Caiman crocodilus*) es uno de los reptiles más representativos de la Amazonia Peruana. Se caracteriza por presentar una arista en forma de media luna ubicada en la porción anterior a los ojos, son de color amarillento a verde olivo y pueden llegar a medir entre 1.1 y 2.50 metros de longitud; habitan a lo largo de diversos ríos en América del Sur, adaptándose fácilmente a su ambiente en los humedales de tierras bajas y son de hábitats fluviales (Britton, 1996; Rueda y Carr, 2007).

Este caimán es considerado como una especie indicadora de la calidad de los ríos y es de gran importancia en su ecosistema, mantiene el equilibrio de los humedales, como depredadores intervienen en el control de las poblaciones de otros animales, incorporan nutrientes al medio acuático a través de las heces producidas; además, son capaces de transformar el medio ambiente en virtud de que abren sendas, excavan madrigueras, ayudan a la movilización de sedimentos e incrementan la profundidad de los pozos donde se refugian otras especies de animales (Comacron, 2000). En la amazonia, los pobladores utilizan el recurso hídrico con fines de consumo y recreativos, y este al estar habitado por caimanes facilitaría la transmisión de patógenos que pueden poner en riesgo la salud humana.

A pesar de la importancia ecológica de *C. crocodilus*, existe poca información sobre su salud, tanto en animales de vida libre como cautiverio; sin embargo, es sabido que esta especie reptil es muy susceptible a diferentes patógenos, como las bacterias, especialmente cuando se encuentran en un ambiente estresante y que no se cubren sus requerimientos ambientales y nutricionales, entre otros.

Un grupo importante de bacterias patógenas son las pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, conformada por 41 géneros y más de 100 especies, son un grupo heterogéneo y extenso de bacilos Gram negativos cuyo hábitat natural es el intestino de los animales y del ser humano. Comprende géneros como *Escherichia* spp., *Shigella* spp.,

*Salmonella* spp., *Enterobacter* spp., *Klebsiella* spp., *Serratia* spp., *Proteus* spp., entre otros.

Los reptiles pueden ser portadores de diversos patógenos como las bacterias Gram negativas, que son parte de su microbiota normal y la causa principal de enfermedades infecciosas, siendo en algunos casos de potencial zoonótico (Ebani et al., 2005). Algunas enterobacterias como *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. por lo regular son patógenos para el ser humano (Satanchi, 2007; Pachón, 2009; Brooks et al., 2011) pero son parte de la microbiota normal en reptiles. Algunos estudios han demostrado que reptiles clínicamente sanos pueden ser portadores asintomáticos de diversas bacterias como *Salmonella* spp. y *Aeromonas* spp. (Mader, 1996; Cubas et al., 2007).

Se han realizado algunos estudios sobre enterobacterias en cocodrilianos en cautiverio y vida libre. En el caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en cautiverio se halló *Salmonella* spp. a partir de hisopados cloacales y estanques que eran habitados por este reptil (Panchón et al., 2010). En el caimán americano (*Crocodylus acutus*) y cocodrilo mexicano (*Crocodylus moreletii*) de vida libre se aislaron a partir de hisopados cloacales diversas bacterias como *Aeromonas hydrophila*, *E. coli*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella* sp., *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella arizonae*, *Shigella sonnei*, entre otras (Charruaua et al., 2012). En el yacaré overo (*Caiman latirostis*) se aisló de la cavidad oral y cloacal *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter* sp. *E. coli*, *Salmonella* sp., entre otras (Silva et al., 2009), así como *Salmonella infantis* y *Salmonella nottingham* (Uhart et al., 2001). Existen pocos estudios en el caimán blanco (*Caiman crocodilus*), en Brasil se analizaron muestras de carne aislando *Salmonella* sp. y *Staphylococcus aureus* (Kluczkovski, et al., 2010). En Perú, se halló *Aeromonas hydrophila* a partir de nueve hisopados cloacales de *C. crocodilus* en cautiverio (Cavero, 2013).

Se han realizado algunos estudios en reptiles para evaluar la resistencia antimicrobiana de las enterobacterias. En las Islas Galápagos, se halló que la microbiota bacteriana fecal de los reptiles que habitan cerca a zonas turísticas mostró resistencia

antimicrobiana, contrario a lo hallado en áreas protegidas. Los hallazgos sugieren que los reptiles que viven más cerca a comunidades tienen una mayor exposición a las bacterias de origen humano (Wheeler *et al.*, 2012). Además, en la serpiente venenosa *Bothrops jararaca* se han aislado *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Escherichia* y *Klebsiella* con una alta tasa de resistencia antimicrobiana (Bastos *et al.*, 2008). Bacterias encontradas en órganos internos de reptiles presentarían una alta resistencia antibiótica, que ponen en riesgo a los animales acuáticos y la salud pública (Hacioglu y Tosunoglu, 2014).

Debido a la importancia de los caimanes y al riesgo potencial de transmisión de bacterias a la población humana, el objetivo del estudio fue determinar la presencia de enterobacterias y su resistencia antimicrobiana en el caimán blanco de vida libre del departamento de Madre de Dios. Esta información servirá de referencia para estudios y tratamientos de procesos entéricos en estos cocodrilianos en cautiverio. Asimismo, como especie indicadora, brindará indicios para determinar la calidad sanitaria del río Madre de Dios y su potencial riesgo a la salud humana.

## Materiales y método

### Área de estudio

El área de estudio se ubicó al margen derecho de la parte baja del río Madre de Dios, aproximadamente a 23km al noroeste de la ciudad de Puerto

Maldonado, provincia de Tambopata, en el departamento de Madre de Dios, Perú (19L 0500836 – 8616217 y 19L 0503519 – 861547) (Figura 1). El periodo de captura se llevó a cabo durante los meses de noviembre y diciembre de 2014, correspondiendo a la época húmeda del lugar. Se capturaron 30 individuos (26 machos y 4 hembras) de los cuales 26 de ellos fueron juveniles y 4 adultos.

### Obtención de la muestra

La captura se llevó a cabo durante la noche trasladándose en botes por el río y las quebradas, para luego aproximarse lo suficiente al animal y colocar el lazo por el hocico del caimán hasta llegar al cuello y luego subirlo al bote. Realizada la sujeción de los individuos, se tomó un muestra cloacal con un hisopo estéril y este fue colocado en el medio de transporte Cary Blair. Posteriormente se procedió a realizar una breve inspección clínica, para luego tomar las medidas biométricas (Largo total, largo de cuerpo, largo de hocico, entre otros.) con la ayuda de una cinta métrica y el peso se tomó con una balanza digital. Además, se realizó la determinación del sexo de los individuos y se marcó cada individuo para evitar recapturas. Para finalizar se liberó cada individuo en el lugar de captura.

### Procesamiento de la muestra

Las muestras fueron conservadas en refrigeración a 4°C hasta su envío a la Ciudad de Lima para el análisis. En el laboratorio se utilizó los medios de

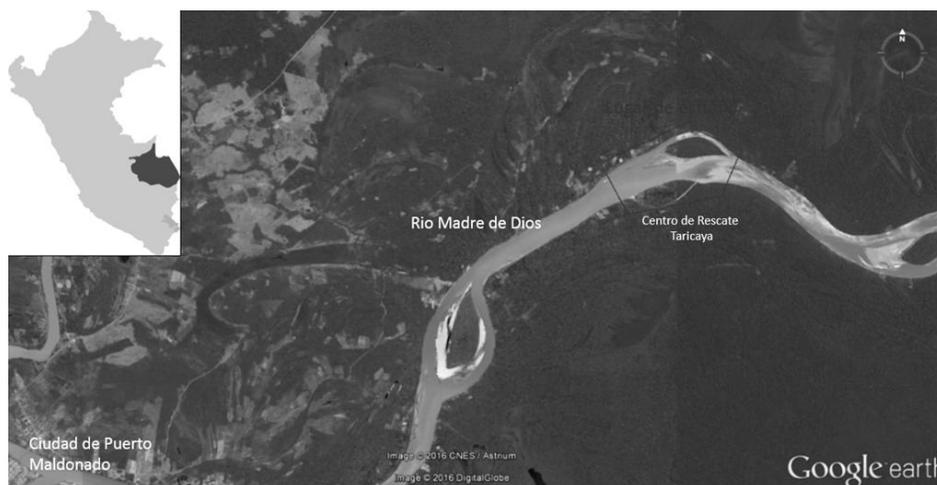


Figura 1. Lugar de captura de los caimanes en quebradas del río Madre de Dios – Perú.

cultivos agar MacConkey (MC) y Salmonella Shigella (SS). Se realizó la siembra para luego ser incubado a 37 °C por 24 a 48 horas. Luego de su aislamiento se realizaron pruebas bioquímicas como Agar-hierro-triple azúcar (TSI), agar lisina hierro (LIA), Indol, medio de sulfuro indol para movilidad (SIM), Citrato, Rojo de metilo y Voges Proskauer (Brooks *et al.*, 2010). Para evaluar la sensibilidad antimicrobiana se utilizó la Técnica Kirby-Bauer, empleando los discos de ciprofloxacina (5 µg), cefoxitina (30 µg), gentamicina (10 µg), ampicilina (10 µg), ácido nalidíxico (30 µg), aztreonam (30 µg), y cloranfenicol (30 µg) siguiendo las indicaciones brindadas por el Instituto Nacional de Salud del Perú (INS, 2002).

#### Análisis de los resultados

Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva para cada especie de enterobacteria y su resistencia antimicrobiana.

#### Resultados

Los 30 individuos analizados fueron positivos, logrando asilar 35 colonias de bacterias Gram negativa. Los valores porcentuales se muestran en la

tabla 1, la bacteria más recurrente fue *Klebsiella* spp. (40%). Respecto a la sensibilidad antimicrobiana, el 80.0% mostró resistencia al cloranfenicol, en cambio para gentamicina no se observó. *Klebsiella* spp. fue la bacteria que mostró mayor resistencia (69.39%) y la de menor fue *E. aerogenes* (8.16%) (Tabla 2).

#### Discusión

El estudio brinda información sobre las enterobacterias halladas en el caimán blanco (*Caiman cocodrilus*) de vida libre, solo se hallaron referencias en Perú a partir de hisopados cloacales con individuos provenientes de tráfico de fauna ofertados en un mercado local (Cavero, 2013) y otra en Brasil analizando muestras de carne (Kluczkovski *et al.*, 2010). Todas las bacterias aisladas fueron Gram negativas, similar a lo reportado en otros estudios en *Caiman* spp., confirmando que este tipo de bacterias son las más comunes y forman parte de la microbiota intestinal normal en reptiles.

*E. coli* se encuentra en mayor proporción en caimanes, como lo evidenciado en este estudio; así como en el *Caiman latirostris* (33.33%) (Silva *et al.*, 2009), *Crocodylus acutus* (67.4%) y *Crocodylus*

**Tabla 1. Enterobacterias aisladas en individuos del Caimán blanco (*Caiman crocodilus*) de vida libre del Río Madre de Dios (n=30).**

Bacteria	Macho (n=26)		Hembra (n=4)		Total	
	Nº	Porcentaje (%)	Nº	Porcentaje (%)	Nº	Porcentaje (%)
<i>Escherichia coli</i>	6	23.08	1	25.00	7	23.33
<i>Enterobacter aerogenes</i>	3	11.54	-	-	3	10.00
<i>Klebsiella</i> spp	11	42.31	1	25.00	12	40.00
<i>Proteus mirabilis</i>	2	7.69	2	50.00	4	13.33
<i>Shigella sonnei</i>	9	34.62	-	-	9	30.00

**Tabla 2. Resistencia antimicrobiana de los 35 aislamientos de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales del Caimán blanco (*Caiman crocodilus*) de vida libre del Río Madre de Dios.**

Antibiótico	Total	AMP	AZT	ACN	CIP	CEF	CLO	GEN
		(£ 11nm)	(£ 15 nm)	(£ 13 nm)	(£ 15 nm)	(£ 14 nm)	(£ 12 nm)	(£ 12 nm)
<i>Escherichia coli</i>	7	2	2	1	-	-	7	-
<i>Enterobacter aerogenes</i>	3	2	-	-	-	-	2	-
<i>Klebsiella</i> spp.	12	4	5	6	8	-	11	-
<i>Proteus mirabilis</i>	4	-	1	-	-	-	4	-
<i>Shigella sonnei</i>	9	7	5	-	-	6	4	-
Total	35	15	13	7	8	6	28	0
Frecuencia (%)		42,86	37,14	20,00	22,86	17,14	80,00	0,00

AMP= Ampicilina (10 µg), AZT=Aztraenam (30 µg), ACN= ac. Nalidíxico (30 µg), CIP= ciprofloxacina (5 µg), CEF= cefoxitina (30 µg), CLO= cloranfenicol (30 µg), GEN= gentamicina (10 µg).

*moreletii* (64,3 %) (Charruau et al., 2012); formando parte de la microbiota cloacal normal y es considerada como bacteria oportunista de reptiles, con diferentes grados de patogenicidad y pudiendo causar enfermedades en individuos inmunocomprometidos (Mader, 1996).

En este estudio las bacterias *Shigella sonnei* y *Proteus mirabilis* se encontraron en mayor frecuencia en comparación a otros cocodrilianos, como *C. acutus* en donde se encontró en 11.10% y 2,3 %, respectivamente (Charruau et al., 2012). *S. sonnei* es una bacteria oportunista que solo provocaría enfermedad en reptiles inmunodeprimidos o desnutridos causando neumonía (Pachón et al., 2012). Sin embargo, especial atención merece *P. mirabilis* ya que es considerada como una bacteria de gran potencialmente patógeno (Mader, 1996).

El género *Enterobacter* spp. tiene variable presentación en cocodrilianos, en el estudio realizado en *C. latirostris* en cautiverio se observó *Enterobacter aerogenes* en mayor frecuencia (28.57%) (Silva et al., 2009) a diferencia de este estudio (10%). Esta bacteria forma parte de su microbiota normal, pero se han visto asociadas a dermatitis necrotizantes severa en numerosas serpientes (Mader, 1996).

El porcentaje hallado de *Klebsiella* spp. en este estudio (40%) fue mayor a lo reportado en *C. acutus* de vida libre en México (12,5 % en crías y 5.6% en juveniles) (Charruau et al., 2012). Esta se presenta en forma natural en muchos ambientes acuáticos, pudiendo multiplicarse y alcanzar concentraciones elevadas en aguas ricas en nutrientes (Fowler y Miller, 1999).

Las diferencias halladas en la microbiota bacteriana podrán depender de tipo hábitat en donde se encuentran los reptiles. En cautiverio y semicautiverio, la presencia de bacterias predominantes puede estar influenciada por estado de desarrollo de los individuos y depender de factores adversos presentes como el hacinamiento, la mala dieta, entre otros. Estos factores ocasionarían altos niveles de estrés que repercutirían negativamente sobre el sistema inmunológico, favoreciendo el incremento de la aparición de enfermedades e infecciones bacterianas, principalmente en neonatos y crías (Otto y Sogbe, 200).

Las enterobacterias son excretadas en las heces de personas y animales sanos, pudiéndose detectar con

mayor facilidad en aguas contaminadas por aguas residuales (Ainsworth, 2004). El lugar de estudio se encuentra cerca de terrenos usados por pobladores que podrían contaminar las orillas del río, donde habitan los caimanes. Además, se ha visto afectado por la Minería aurífera informal o ilegal, que eliminan los residuos directamente a los ríos y quebradas perjudicando la calidad sanitaria de las aguas. Esto origina la presentación de enfermedades diarreicas en el ser humano, relacionadas con la precariedad e insalubridad en la que viven (MINAG, 2010; Gómez, 2012).

Las bacterias aisladas mostraron una resistencia de 31,43%, similar a lo hallado en otros estudios en reptiles, como lo evidenciado en el gecko *Hemidactylus frenatus* donde las bacterias mostraron una resistencia menor al 33% (Singh et al., 2013). En este estudio las enterobacterias no mostraron resistencia ante gentamicina; similar a lo hallado en *H. frenatus* donde este antibiótico mostro una sensibilidad de 98.7% (Singh et al., 2013) y en *Bothrox jararaca* con 95.6% de sensibilidad (Bastos et al., 2008). En general los aminoglucósidos, como la gentamicina, son el grupo de antimicrobianos más utilizados en reptiles debido a su efectividad contra las bacterias Gram negativas (Mader, 1996), incluyendo infecciones con *E. coli*, *Klebsiella* sp., *Enterobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Proteus* sp., *Salmonella* sp., entre otras (Mitchell, 2006).

Por otro lado, la mayoría de patógenos de reptiles son resistentes a la ampicilina (Mader 1996), como lo evidenciado en este estudio (43.86%). Una resistencia alta se observó también en *H. frenatus* (50.2%), pero en *B. jararaca* se halló una menor resistencia (33.8%) (Bastos et al., 2013). Cloranfenicol es utilizado como tratamiento de elección en casos de Salmonelosis y en la enfermedad cutánea ulcerativa sistémica (Mader, 1996); sin embargo, en este estudio se evidencio una alta resistencia (80%). A diferencia de lo hallado en *H. frenatus* se observó una gran sensibilidad (91%) (Singh et al., 2013) y en *B. jararaca* (100%) (Bastos et al., 2008), esto podría deberse a que todas las bacterias aisladas este estudio son anaerobias. Estas bacterias son resistentes de modo natural por carecer de sistemas de transporte para captar a los aminoglucósidos (García y García, 1997). Además, en el presente estudio el mayor porcentaje de resistencia se observó en *Klebsiella* spp., a diferencia de lo hallado en *H. frenatus* en donde *E. coli* fue la más

resistente (Singh *et al.*, 2013).

Los mecanismos de resistencia consisten fundamentalmente en la producción de enzimas bacterianas que inactivan los antibióticos o en la aparición de modificaciones que impiden la llegada del fármaco al punto diana o en la alteración del propio punto diana (Pérez, 1998). En el caso de *E. coli* la resistencia al cloranfenicol podría deberse al gen *Cat* que ha sido implicado en la resistencia de las cepas diarregénicas (Mosquito *et al.*, 2010). Los genes que codifican para los distintos tipos de acetil-transferasa (*Cat*), se encuentran ampliamente distribuidos tanto en cepas de *Shigella* spp. como en otras enterobacterias, codificados en plasmidios o en el cromosoma bacteriano (Murray y Show 1997; Gómez, 1998; Bunny *et al.*, 1995).

Por último, todas las bacterias aisladas en el estudio son potencialmente patógenas y tienen gran importancia en la salud pública. Debido a que el hábitat natural del caimán es el río, donde se alimenta y defeca, la calidad sanitaria del agua del río Madre Dios podría relacionarse con las bacterias encontradas en el tracto gastrointestinal de los caimanes. Además, el estudio brinda un punto de partida para evaluar el impacto de la población humana y su resistencia antimicrobiana en caimanes. Diversos estudios han relacionado la densidad población con la resistencia antimicrobiana en animales silvestres, como lo estudiado en la fauna herpetológica en la Isla galápagos donde se asoció la microbiota bacteriana de los reptiles con la del humano (Wheeler *et al.*, 2012).

## Conclusiones

En los hisopados cloacales del caimán blanco de vida libre se halló *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella* sp., *Proteus mirabilis* y *Shigella sonnei*. Todas las bacterias fueron sensibles a la gentamicina y la mayoría mostró resistencia al cloranfenicol.

## Agradecimientos

A los trabajadores del Centro de Rescate “Reserva Ecológica Taricaya” que apoyaron en la realización del estudio, en especial a Fernando Rossenberg y Stuart Timson. Al Blg. Sergio Huatuco de la Universidad Alas Peruana y personal del Servicio Nacional Forestal de Fauna Silvestres (SERFOR) de

Perú por otorgar el permiso para realizar este estudio.

## Referencias

- Ainsworth R. Safe piped water managing microbial water quality in piped distribution systems. Londres:WHO. 2004.
- Bastos H, Larangeira L, Gattamorta M, Matushina R. Prevalence of enterobacteria in Bothrops jararaca in São Paulo State: microbiological survey and antimicrobial resistance standards. Acta Sci Biol Sci. 2008;30(3):321-326.
- Britton A. Caimán crocodilus. [sitio en internet]. UK: Crocodilians specialist Group; c 1996 [actualizado 5 marzo 1996; citado 26 noviembre 2014]. Corcodilian Species List [aprox 4 pantallas]. Disponible en: [http://crocodilian.com/cnhc/csp\\_ccro.htm](http://crocodilian.com/cnhc/csp_ccro.htm)
- Brooks G, Carrol K, Butel J, Morse S, Miertzner T. Jawetz, Melnick y Adelberg Microbiología Médica. 25a ed. Barcelona: Mc Graw Hill; 2010.
- Bunney K, Hall R, Stokes H. New Mobile Gene Cassettes Containing an Aminoglycoside Resistance Gene, *aacA7*, and a Chloramphenicol Resistance Gene, *catB3*, in an Integron in pBWH301. Antimicrob Agents Chemother. 1995; 39: 686-93.
- Cavero N, Bacterias Entéricas de Potencial Zoonóticos en Reptiles comercializados en la Ciudad de Pucallpa [tesis de Bachiller en Medicina veterinaria ] Lima, Perú: Universidad Alas Peruanas. 2013 .
- Charruau P, Pérez J, Pérez JG, Cedeño J, Rosas R. Oral and cloacal Microflora of wild crocodylus acutus and *C. moreletii* in the Mexican Caribbean. Dis Aquat Organ. 2012;98 (1): 27-39.
- Comacron. Proyecto para la conservación y aprovechamiento sustentable delos Crocodylia en México. DF: Comacron; 2000.
- Cubas Z, Ramos J, Catao-diaz J. Tratado de Animais Selvagens. Medicina Veterinaria. 1a ed. Sao Paulo, Brasil: Editora Roca Ltda.; 2007.
- Ebani V, Fratini F. Bacterial Zoonose Among Domestic Reptiles. Annali Fac Med Vet. 2005; LVIII: 85-91.
- Fowler M, Miller R. Zoo and Wild Animal Medicine. Current Therapy. 4a ed. Philadelphia: Editorial Elsevier Sciencie; 1999.
- García JA, García E. El resurgimiento de los gram positivos: razones, significado clínico y posibilidades de control. 1997: 197 Monográfico 2: 3-11.
- Gómez C. Evaluación de escenarios alternativos en sistemas social ecológico afectados por la Minería aluvial en Madre de Dios. [tesis de Bachiller para optar el título de magister Scientiae en Ecología aplicada] Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina. Gomez.
- Gomez-Luz R. Evolution of Bacterial Resistance to Antibiotics During the Last Three Decades. Internatl Microbiol. 1998; 1: 279-84.
- Hacioglu N, Tosunoglu M. Determination of antimicrobial and heavy metal resistance profiles of some bacteria isolated from aquatic amphibian and reptile species. Env Monit Ass. 2013;186(1):407-413.
- Ins. Manual de procedimientos para la prueba de sensibilidad antimicrobiana por el método de disco difusión, Serie de Normas técnicas N° 30. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2002.
- Kluczkovski-Júnior A, Sotero-Martins A, Carneiro M, Rafael F,

- Azevedo M, Marioni B, et al. Bacteriological quality of caiman meat of animals of reserve for sustainable development Piagaçu-Purus, Amazonas. En: Proceedings of the 20th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group of the Species Survival Commission of IUCN. Manaus: IUCN/SSC Crocodile Specialist Group; 2010.p.67.
- Mader D. Reptile Medicine and Surgery. W.B. Saunders Company U.S.A. 1996.
- Mitchell, M.A. Therapeutics. In: MADER, D.R. (Ed.). Reptile medicine and surgery. 2. ed. St. Louis: Saunders Elsevier, 2006. cap. 36, p. 631-664.
- Ministerio de Agricultura. Estudio Diagnostico Hidrológico de la cuenca Madre de Dios. Perú 2010.
- Mosquito SG, Pons MJ, Maves R, Saenz Y, MercadoE, Vargas M, et al. Prevalence of Extended Spectrum Beta-Lactamases in Escherichia coli strains isolated from Peruvian infants. 20th European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ECCMID). Vienna, Austria. April, 10-13, 2010.
- Murray I, Shaw W. O-acetyltransferases for Chloramphenicol and Other Natural Products. Antimicrob Agents Chemother. 1997; 41: 1-6.
- Otto Ernesto, Sogbe Elias. Enfermedades en Caimanes Del Orinoco (Crocodylus intermedius) y Caimanes de la costa (Crocodylus acutus) mantenidos en zocriaderos Venezolanos. Maracay, Venezuela. Revista científica, FCV-LUZ/Vol X N°4,328-338, 2000.
- Pachón A. Aislamiento e identificación, Serotipificación de Enterobacterias del genero salmonella en una población de Crocodylus intermedius [Tesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias básicas; 2009.
- Pachon D, Pulido A, Morena Aislamiento y Serotipificación de Salmonella sp. en estanques con Crocodylus intermedius y testudines cautivos en Villavicencio Colombia. Rev.MVZ. 2011, 16(2): 2564-2575.
- Perez D. Resistencia bacteriana a antimicrobianos: su importancia en la toma de decisiones en la práctica diaria. Inf Ter Sist Nac Salud, 1998; 22: 57-67.
- Rueda V, Carr J. Las tortugas y los cocodrilianos de los países de los andinos del trópico. 1 a ed. Bogotá: Conservación Internacional; 2007.
- Silva J, Mota R, Pinheiro J, Almeida M, Silva D, Ferrerira D, Azevedo J. Aerobic bacterial microflora of broad-snouted caiman (Caiman latirostris) oral cavity and cloaca, originating from Parque Zoológico Arruda Câmara, Paraíba, Brazil. 2009. Braz J Microbiol; 40:194-198.
- Singh B, Singh V, Ebiene N, Singh R. Antimicrobial and Herbal Drug Resistance in Enteric Bacteria Isolated from Faecal Droppings of Common House Lizard/Gecko (Hemidactylus frenatus). 2013. 8 pag.
- Stanchi N. Microbiología veterinaria. 1aed. Buenos Aires: Inter-Medica; 2007.
- Uhart M, Ferreyra, Mattiello R, Caffer M, Terragno R, Schettino A, Prado W. Isolation of salmonella spp. From yacare caiman (caiman yacare) and broad-snouted caiman (Caiman latirostris) from the Argentine Chaco. J Wildl Dis. 2001; 47(2):271-277.
- Wheeler E, Hong PY, Bedon LC, Mackie RI. Carriage of antibiotic-resistant enteric bacteria varies among sites in Galapagos reptiles. J Wildl Dis. 2012;48(1):56-67

---

## Efectos del fuego en algunas características de suelos de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba

L. Valdes<sup>2</sup>, L.W. Martínez<sup>1</sup>, M. Bonilla<sup>1\*</sup>, y I. Castillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pinar del Río, Calle Martí final Cp20100.Pinar del Río, Cuba

<sup>2</sup>Empresa Forestal Macurije Pinar del Río, Cuba

---

*Effect of the fire in the characteristics of soil of pinegroves, Macurije, Pinar del Río, Cuba*

### Abstract

The present study was carried out in areas of natural pine *Pinus tropicalis* Morelet located in forest enterprise Macurije, Pinar del Rio province, Cuba. A sample was selected at random in the stands affected and not affected by fire in order to determine its effect in chemical and physical characteristics, taken from different plots soils at depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm respectively. It was analyzed to determine pH organic matter, potassium, sodium, pentoxido of diphosphorus and oxide of potassium chemical features, bulk and actual density and porosity as physical properties. These actions were repeated in three years after the fire to evaluate the same parameters. It showed significant differences in both, burnt and not burnt areas, regarding to the depth of values: organic matter, phosphorus, potassium; while the pH did not show significant difference in the analysed depths. Physical characteristics showed significant differences between both areas after three years in which the content organic matter did not show recovery.

*Key words:* *Pinus tropicalis*, organic matter, pH, density, porosity.

### Resumen

El presente estudio se realizó en áreas de pinares naturales de *Pinus tropicalis* Morelet ubicados en la Empresa Forestal Macurije, provincia de Pinar del Río, Cuba, con el objetivo de determinar el efecto del fuego en algunas de las características químicas y físicas en los suelos de pinares. Se realizó un muestreo aleatorio en los rodales afectados por el fuego y rodales no dañados. Se tomaron muestras de suelos de las diferentes parcelas a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, respectivamente un año después de ocurrido el incendio. Las muestras fueron analizadas para determinar: pH, materia orgánica, pentóxido de difósforo y óxido de potasio entre las características químicas y densidad aparente, densidad real y porosidad como propiedades físicas. En las parcelas evaluadas se repitió el muestreo a los cuatro años después del incendio evaluando los mismos parámetros. Se observan diferencias significativas del área quemada y no quemada y con respecto a la profundidad para los valores de materia orgánica, fósforo y potasio, mientras el pH no mostró diferencia significativa en las profundidades analizadas, pero sí entre el área quemada y la no quemada. Las características físicas evidenciaron diferencias significativas entre las áreas quemadas y las no quemadas. A los tres años de transcurrido el incendio se observó una recuperación en el contenido de materia orgánica.

*Palabras claves:* *Pinus tropicalis*, materia orgánica, pH, densidad, porosidad.

---

---

\*Autores de correspondencia  
Email: mbon@upr.edu.cu

## Introducción

Los bosques son el resultado del equilibrio entre muy diversos factores ecológicos y entre ellos el fuego ha jugado un importante papel como regulador en la sucesión vegetal y especialmente en la forestal. La frecuencia y la intensidad de los incendios forestales están determinadas de forma general por el clima, la topografía y la acumulación de material combustible. El grado en el que un ecosistema es alterado o afectado por fuegos se denomina severidad. La severidad del fuego es dependiente del producto de intensidad de fuego y la duración, e incorpora ambos comportamientos activos del fuego y los efectos post-fuego inmediatos en el medio ambiente (Tesauro, 2013) mientras que la tasa de energía calorífica liberada por un incendio según Byram (1959) se considera su intensidad. Los efectos indirectos del fuego sobre los suelos se producen a partir de la desaparición de la cubierta vegetal, la adición de cenizas y el ennegrecimiento del suelo. Estas modificaciones suponen cambios microclimáticos en la humedad edáfica, temperatura y radiación solar (Raison *et al.*, 2009) que afectarán a la recuperación del sistema tanto en beneficio (menos competencia, más luz, más nutrientes) como en detrimento (mayor erosión, menos infiltración) del ecosistema (Neary *et al.*, 1999).

El efecto del fuego sobre el suelo es variable, dependiendo de su severidad, de la calidad y grado de incorporación de las cenizas, y de la frecuencia de quemadas. Entre las modificaciones químicas se mencionan cambios en los contenidos de nutrientes esenciales para la sustentabilidad a largo plazo de la producción forestal (Hepper *et al.*, 2008). Las pérdidas de nutrientes en suelos afectados por el fuego podrían deberse a volatilización, lavado, arrastre de las cenizas por corrientes de convección durante la quema o por erosión eólica e hídrica posterior a las mismas (Giardina *et al.* 2000).

El calentamiento del suelo produce variaciones en algunas de las propiedades físicas y químicas. El pH y la conductividad eléctrica normalmente aumentan, debido al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas. El tiempo de recuperación del pH inicial es variado y se considera que es más o menos rápido según el tiempo que las cenizas permanezcan en el suelo (Mataix-Solera y Guerrero, 2007).

La presente investigación tiene como objetivo

determinar los efectos del fuego en las características físicas y químicas del suelo en las áreas de pinares correspondientes a la especie *Pinus tropicalis* Morelet en la empresa forestal Macurije, Pinar del Río, Cuba.

## Materiales y método

### Área de estudio

La investigación se realizó en áreas del patrimonio de la Empresa Forestal Integral Macurije ubicada en el municipio de Guane, provincia Pinar del Río. Se ubica en la región fitogeográfica sector Cuba Occidental, distrito Alturas de Pizarra, caracterizada por el predominio de pinares (*Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* y *Pinus tropicalis* Morelet) y la presencia de numerosos endémicos en la vegetación asociada.

Los suelos del área evaluada se clasifican como agrupamiento poco evolucionado, tipo genético Litosol. Se encuentran principalmente en los lugares donde el interperismo ha actuado poco o en paisajes donde la denudación geológica natural tiene una fuerte incidencia, sobre roca duras y compactas no carbonatadas. Son de perfil ACR o AR, con afloramiento rocoso en la superficie y muchas gravas y piedras en el suelo. Presenta un grado de saturación por bases menor que el 50%, en alguna parte del perfil en un espesor de un metro de profundidad, desde la superficie según (Hernández, *et. al.*, 2015).

### Características climáticas

La precipitación media anual del área es de 1.218 mm. Temperatura media anual de 25,8 OC y la humedad relativa registrada es de 74% (CITMA, 2014).

Para la obtención de la información y caracterización de las áreas de estudio se emplearon los mapas de la empresa y los libros de ordenación existentes. Fueron seleccionados los rodales 2 y 4 del lote 68 con *Pinus tropicalis* natural dañados por los efectos de un incendio y el rodal 32 del lote 56 con predominio de la especie *Pinus tropicalis* y que no fue alcanzado por la acción del incendio.

- Área afectada por el incendio tiene una extensión de 12.9 ha con una pendiente de 15%, la especie dominante es *Pinus tropicalis* con una altura media de 12 m y diámetro medio de 14 cm, se encuentra en estado de desarrollo de latizal y una densidad de 30 %.

- Área no afectada por incendio. ocupa un área de 11 ha con una pendiente 10%, la especie dominante *Pinus tropicalis* con una altura media de 12 m y diámetro medio de 14 cm, se encuentra en estado de latizal y una densidad de 40%.

Un año después del incendio se realizó el muestreo aleatorio del suelo en línea recta cada 50 m en los rodales dañados y no dañados por los efectos del fuego. Se tomaron muestras de suelos de las diferentes parcelas a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, respectivamente. Las muestras obtenidas fueron procesadas para determinar las características químicas y físicas correspondientes a cada área. En las mismas áreas se repitió el muestreo tres años después del incendio evaluando los parámetros descritos anteriormente.

El procesamiento estadístico de los datos mostró que son paramétricos y las varianzas homogéneas por lo que se realizó un ANOVA simple y la prueba de Duncan para determinar la significación entre las medias. Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0.1 2006 sobre Windows.

La caracterización química y física de los suelos se realizó en el laboratorio de suelo del Ministerio de la Agricultura, Provincia de Pinar del Río, utilizando las siguientes metodologías.

- Métodos de potenciómetro para determinar el grado de acidez (pH) en cloruro de potasio con una relación suelo solución de 1:5, descrita por (DNSF, 1976).
- Método de Oniani para la determinación de las formas móviles de fósforo y potasio (DNSF, 1976).
- Método de Schachtschabel por fotometría de llama para la determinación de los cationes intercambiables ( $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ) descrita por (DNSF, 1976).
- Método de Schachtschabel por valoración de

sal EDTA en medio básico para determinar los cationes  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Ca}^{+2}$  y valor T (capacidad de intercambio catiónico) según la NC-65-2000.

- Método Walkey –Black, para determinar la materia orgánica descrita por Jackson, 1964).
- En el análisis físico se determinaron las siguientes características :

- Porosidad, textura y estructura, según técnica de Monnier *et al* (1973).

- La porosidad total fue calculada por la fórmula [ 1 ]:

$$P(\%) = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) * 100$$

Donde P (%) es el volumen total de poros del suelo (%),

da: densidad aparente del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

dr: densidad real del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ ).

- Densidad aparente (método de los cilindros), descrita por (Monnier *et al*, 1973).
- Densidad real (método del picnómetro), descrita por (DNSF 1976).

## Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados estadísticos correspondientes a las características químicas de los suelos quemados y no quemados un año después de la ocurrencia del incendio. Se observan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los valores de pH que corresponden a suelos muy ácidos, no existiendo diferencias significativas entre estos valores con respecto a las profundidades, tanto en las áreas afectadas por los incendios como las no afectadas.

**Tabla 1. Parámetros químicos en los suelos de áreas quemadas y sin quemar en Macurije**

Parámetros	Un año después del incendio			
	Área no quemada		Área quemada	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH (KCl)	3.37 d	3.45 cd	3.6 bc	3.66 bc
Y <sup>1</sup>	5.90b	5.16b	7.72 a	7.13 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( mg/100g de suelo)	1.73 ab	1.41 b	1.88 ab	1.28 b
K <sub>2</sub> O (mg/100g de suelo)	4.18 bc	3.71 bc	4.20 bc	3.59 c
MO %	1.81 ab	1.34 bc	1.41 bc	0.75 d
S cmoles <sup>+</sup> /kg <sup>-1</sup> de suelo	2.63 a	0.94 bc	2.16 a	102 bc
T cmoles <sup>+</sup> /kg <sup>-1</sup> de suelo	8.53 a	6.41b	9.88 a	6.02 bc

Medias seguidas por la misma letra no difieren para  $P < 0.05$

Después de transcurrido un año del incendio, en el suelo quemado aumentó la acidez hidrolítica con diferencias significativas con respecto a los no quemados.

En cuanto a la suma de los cationes (S), tanto en los suelos quemados como sin quemar es baja, por lo que la disponibilidad y fertilidad natural de dicho suelos es baja.

El contenido de fósforos asimilables para las condiciones de quemado y no quemado y en los diferentes años evaluados se encuentra deficiente.

Los valores promedios del fósforo asimilable presentaron un incremento significativo a los cuatro años después del fuego (Tabla 2) en las dos profundidades evaluadas, producto de la descomposición de la materia orgánica que libera fósforo mineral incorporándolo al suelo. Resultados similares observó Martínez *et al.* (2007) en áreas naturales de pinares donde se aplicó quema prescrita.

La materia orgánica muestra diferencias significativas con respecto a las en las áreas

quemadas y no quemadas al año de ocurrido el incendio, también se observa diferencia entre las distintas profundidades para ambas condiciones

Después de cuatro años de ocurrido el incendio, se pueden observar incremento en el contenido de materia orgánica en el área quemada, ya que se produce la recuperación de la vegetación que comienza a cubrir el área, acompañada además de la caída de las hojas que favorece este incremento.

Los contenidos de  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$  y  $K^+$  varían significativamente con respecto a las condiciones evaluadas y la profundidad.

Al repetirse la evaluación a los cuatro años después del incendio, se observó diferencias significativas entre los cationes de  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ , presente en el suelo, con respecto al área quemada y no quemada, con un incremento de los valores.

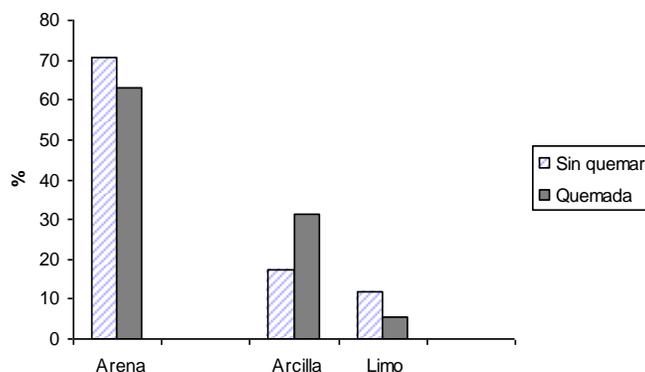
A partir de la composición textural se clasificaron los suelos no quemados como franco arcillo-limoso y para los quemados franco arenoso.

Se observan en la figura 1 las variaciones de los porcentajes de las diferentes partículas que integran

**Tabla 2. Valores medios de las propiedades químicas de los suelos quemados y sin quemar a diferentes profundidades (cuatro años después del incendio).**

Parámetros	Cuatro años después del incendio			
	Área no quemada		Área quemada	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH (KCl)	3.37 a	3.45 a	3.60 bc	3.66 ab
Y <sup>1</sup>	3.35 c	3.37c	3.70c	3.12 c
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 100 <sup>-1</sup> g de suelo)	1.89 ab	1.75 ab	2.60 a	2.20 ab
K <sub>2</sub> O (mg 100 <sup>-1</sup> g de suelo)	3.63 c	3.75 bc	5.47 a	4.57 b
MO %	1.71 b	1.02 cd	2.22 a	1.48 bc
S cmoles <sup>+</sup> /kg <sup>-1</sup> de suelo	1.12 bc	0.69 c	1.36 b	0.074 bc
T cmoles <sup>+</sup> /kg <sup>-1</sup> de suelo	4.47 cd	4.06 d	0.06 bcd	4.19 d

Medias seguidas por la misma letra no difieren para P < 0.05



**Figura 1. Composición textural del suelo en áreas quemadas y no quemada a los cuatro años después del incendio y a una profundidad de 0-20 cm**

la composición textural de los suelos que se modifican por los efectos del calor y a partir de las condiciones de humedad del suelo y la presencia de la vegetación.

### Discusión

El valor del pH se mostró diferencia significativa a los cuatro años después del fuego, con respecto al área quemada y no quemadas y las profundidades coincidiendo con los resultados obtenidos Martínez *et al.* (2007), señalando diferencias significativas para los valores de pH del suelo, para igual tiempo de ocurridos incendios en bosques naturales de *P. caribaea* y *P. tropicalis*, en Macurije respectivamente, señalando que la adición de cenizas, básicamente procedentes de la vegetación quemada ocasionan un incremento de los valores de pH, relacionado con los contenidos en sales y materia orgánica.

El pH del suelo es elevado temporalmente dependiendo de la cantidad de cenizas liberadas, del pH original del suelo, de la composición de las cenizas y de la humedad local (Benítez, 2010). Mientras Von Wallis (2008) considera que el efecto del fuego genera un aumento significativo del pH en el horizonte superficial, en el presente estudio no se observó diferencia de pH con respecto a la profundidad del suelo.

Los contenidos de fósforo asimilable comparados antes y después de las quemas experimentan incrementos significativos para las diferentes profundidades, coincidiendo con los resultados obtenidos por Urrutía, *et al.* (2013), atribuidos a la rápida mineralización del fósforo causada por el efecto del fuego al acelerar la descomposición de la materia orgánica, y a un menor grado de movilidad en los perfiles del suelo de este elemento.

Los valores promedios del potasio presentaron diferencias significativas con respecto a los suelos quemados y los no quemados a los 4 años después

del incendio, a diferencia de los resultados obtenidos por Urrutía, *et al.* 2014, señalando valores similares a los iniciales, debido a la baja severidad de la quema y las características de la vegetación que le permite retornar a sus condiciones iniciales.

Después de ocurrido el incendio se produce una disminución en el contenido de materia orgánica tanto en la superficie como en capas inferiores (tabla 1) transcurrido cuatro años después del incendio se aprecia un incremento de los (de estos valores en el área quemada con respecto a la no quemada, ya que esta se recupera como consecuencia de la acumulación de los diferentes restos vegetales, resultados similares obtuvo Martínez *et al.* (2004) con variaciones estadísticamente significativas a los tres años después de fuego (Tabla 2).

La capacidad de intercambio catiónico disminuye con respecto con los valores iniciales tanto en áreas quemadas y no quemadas, coincidiendo con lo señalado por (Urrutía, *et al.* 2013).

El aumento del pH,  $Ca^{2+}$  y  $K^+$  cambiables según Martínez *et al.* (2007) ocurre por el aporte de bases procedentes de la vegetación incinerada.

Al evaluar el efecto del fuego en las concentraciones de nutrientes del suelo, comparados antes y después de las quemas, se observó incremento transcurrido cuatro años después de incendio 1 para el  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ , y  $K^+$  como se puede observar en la tabla 3.

En los suelos sin quemar la porosidad alcanzó un valor de 48 % mientras que en los quemados fue de 44%. La porosidad y distribución de tamaño de poros se ven afectadas por el fuego debido a los cambios en la distribución del tamaño de las partículas, cambios en la agregación y el taponamiento de los poros por la incorporación al suelo de cenizas procedentes de la combustión de las raíces y la materia orgánica (Varela, 2007).

Después de transcurrido cuatro años del incendio y a una profundidad de (0 a 20 cm) se produjo un

**Tabla 3. Comportamiento de los cationes ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) 4 años después del fuego.**

Parámetros	Sq1 0-20	Sq1 20-40	Q2 0-20	Q2 20-40
$Ca^+$	0.79 c	0.48 c	1.73 c	0.69 c
$Mg^+$	0.24 bc	0.17 bc	1.39 b	0.27 bc
$Na^+$	0.04 d	0.03 d	0.05 cd	0.06 bcd
$K^+$	0.05 b	0.03 b	0.09 b	0.07 b

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Duncan a un nivel del 5 % de significación. Sq1=suelo sin quemar (0-20 cm), Sq1b = suelo sin quemar (20-40 cm), q 1 = suelo quemado (0-20 cm), q1b = suelo quemado (20-40 cm) (un año después del incendio) 2000 y Sq2=suelo sin quemar (0-20 cm), Sq2b = suelo sin quemar (20-40 cm), q 2 = suelo quemado (0-20 cm), q2b = suelo quemado (20-40 cm) (cuatro años después).

aumento en el contenido de arcilla y la proporción de arena disminuyó, Afif Khouri y Oliveira (2006) con la aplicación de quema prescripta observaron inicialmente un incremento en la proporción de arena mientras que la arcilla decreció, atribuyendo estos cambios a una aglutinación de partículas después del incendio con el resultado final de formación de agregados no estables que producen un aumento temporal en la fracción arena, transcurrido 90 días de realizada la quema prescripta aumenta el contenido de arcilla y decrece el de arena comportándose de manera similar a los resultados obtenidos en el presente estudio. Estos autores señalan que la alta temperatura puede llevar a cabo es una microignición fraccionada que quizás se vea enmascarada por una eventual y débil restauración.

## Conclusiones

El efecto del fuego provocó variaciones en las características químicas del suelo en el área de estudio, con respecto a la profundidad y tiempo de ocurrencia del incendio.

A medida que transcurre el tiempo después del incendio se incrementaron las concentraciones de los cationes  $Mg^{++}$ ,  $Ca^+$ ,  $K^+$ , pH y materia orgánica. Las características físicas del suelo después del incendio sufrieron variación, dando lugar a cambio en su composición textural.

## Referencias

- Afif Khouri, E. Y Oliveira Prendes J. A. 2006. Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo Invest. Agrar: Sist. Recur. For. 15(3), 262-270.
- Batista A.C., C.B. Reissmann Y .V. Suarez. 2000. Efeitos da quema controlada sobre algunas propiedades químicas do solo em um povoamento de Pinus taeda no municipio de Sangés – PR. Floresta Br. 27 (1-2): pp.59-70.
- Benítez, H. 2003. Regeneración natural de Pinus caribaea var. caribaea mediante talas rasas en fajas alternas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias ecológicas. Programa doctoral conjunto. “Desarrollo sostenible de bosques tropicales: Manejo forestal y turístico”. Universidad de Alicante y Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. 209 p.
- Byram, G.M. 1959. Combustión of forest fuels in: Davis K.P. Forest Fire. Control and use. New York. Mc GRAW Hill, p. 77-84.
- CITMA. 2014. Instituto de Meteorología: Resumen Climático de la Estación Meteorológica.
- D.N.S.F, 1976. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. Conservación de Suelos. MINAG. 61 p.
- Giardina, Cp; Rl Sanford (Jr.) & Ic Døckersmith. 2000. Changes in soil phosphorus and nitrogen during slash and burn clearing of a dry tropical forest. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 399-405.
- Hepper, E.; Urioste, A.; Belmonte, V. Y Buschiazzo D. 2008. Temperaturas de quema y propiedades físicas y químicas de suelos de la región semiárida pampeana central CI. Suelo (Argentina) 26(1): 29-34. 2008.
- Hernández, Jiménez, Dr. Juanmiguel Pérez, Dalmacio Bosch, Nelso Castro Sepk. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelo. Ediciones INCA. 92P.
- Martínez, L.W; Ramos, M.; Castillo, I.; Bonilla, M. Y Sotolongo, R. 2004. Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques de P. tropicalis Morelet., en Cuba. Revista Chapingo. Universidad Autónoma de Chapingo, Vol. X, (1):31-37.
- Martínez, L. W, Ramos, M. P; Bonilla, M. Impactos de las quemas prescritas en bosques naturales de Pinus tropicalis Morelet en Pinar del Río, Cuba. IV Congreso Forestal de Cuba. ISBN 978-959-287-048-7. 2007.
- Mataix-Solera, J. Y Guerrero, C. 2007. Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades edáficas, en Incendios forestales, suelos y erosión hídrica (Mataix-Solera, J. coord.). Alcoi, Edit. Caja Mediterráneo CEMACAM. 5-40.
- Monnier, G., Stengel, P.; Fies, J. C. 1973. Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux: application a l'analyse de déposités du sol. Annales Agronomiques, Versailles, V 24, p 533-545.
- Neary, D. G., Klopatek, C., C., Debano, L. F. Y Ffolliott, P. F. 1999: Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest Ecology and Management, n° 122, 51-71.
- Raison, R. J., Khanna, P. K., Jacobsen, K., L. S., Romanya, J. Y Serrasol-Ses, I. 2009: Effect of fire on forest nutrient cycles, en Fire effects on soils and restoration strategies (Cerdà, A. y Robichaud, P. R., coord.). Enfield, Edit. Science Publishers, 225-256.
- TESAURO. 2013 de la Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos <http://www.boletinagrario.com/ap-6,severidad+del+fuego,4110.html>.
- Urrutia Hernández; Rodríguez Alfaro, B; Hernández Abreu, J.A; Germán Flores Garnica, J.; Martínez Becerra, L. W.; Bonilla Vichot, M. 2013- Efecto de quemas prescritas sobre las propiedades físico químicas del suelo en la Estación Hidrológica Amistad Galalón. Vol. 32. No.1- enero- Junio 2013. ISSN- 0138- 6441.
- TESAURO. 2013. Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos <http://www.boletinagrario.com/ap-6,severidad+del+fuego,4110.html>.
- Varela Teijeiro M.E. 2007. Efectos de los incendios forestales en la degradación física de los suelos de Galicia Universidad de Vigo Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo Facultad de Biología. 269 p.
- Von Wallis A.; Martiarena R.; Pahr N. 2008. condición química de un suelo rojo de misiones en situación de quema y no quema de residuos forestales. INTA EEA Montecarlo. /www.researchgate.net/publication/237737770.
- Velmurugan, S. y Ravikumar, R., 2014. Biodegradation and decolorization of reactive dye red ME4BL by Bacillus subtilis. IJEBB 2, 250-255. DOI:10.12691/ijebb-2-6-1
- Wang, Y. y Shen, H., 1995. Bacterial reduction of hexavalent chromium. J. Ind. Microbiol. 14, 159-163. DOI: 10.1007/BF01569898.

---

## Reducción de cromo hexavalente y degradación de rojo de metilo por bacterias aisladas de sedimentos del Lago de Chapala, México

C.C. Hernández-Peña<sup>1,6</sup>, F. Lares-Villa<sup>1,2</sup>, S. De los Santos-Villalobos<sup>3</sup>, M.I. Estrada-Alvarado<sup>4</sup>, M.C. Artiaga-Luna<sup>5</sup>, E. Flores-Tavizón<sup>5</sup>, S. Saúl-Solis<sup>5</sup>, M. Domínguez-Acosta<sup>5</sup> y M.Y. Soto-Padilla<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup> Programa de Doctorado en Ciencias con Especialidad en Biotecnología

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias

<sup>3</sup> CONACYT- Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente

<sup>4</sup> Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México

<sup>5</sup> Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

<sup>6</sup> Ingeniería en Energía, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, Sahuayo, Michoacán

---

*Hexavalent chromium reduction and methyl red degradation by sediment isolated bacteria from the Chapala Lake, México*

### Abstract

Presence of pollutants in the Chapala Lake has been reported, which has become an issue of public health concern for the communities nearby, adapted bacteria that survive within the contaminated water column, require of a specialized metabolism in order to live. From this perspective, the isolation of chromium resistant bacteria from a sampling site at Las Palmas Michoacán, has been accomplished; 4 strains with specific morphologic characteristics were identified and their resistance to Cr(VI) and its degradation were evaluated, as well as their potential to reduce the Methyl Red colorant. The isolated strains from the lake sediments, were capable to resist concentrations up to 1200 mg/l of Chromate ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) in a liquid medium, and also a Cr(VI) reduction range from 46.5 to 52.3 percent, after a 72 hour exposure, at a 50 mg/l Chromate concentration. Methyl Red degradation were observed with percentage ranges from 16.9 to 83.4, after a 7 hour exposure at a 50 mg/l concentration of Methyl Red. The isolated bacterial strains have the potential for being used in the treatment of contaminated waters with azo colorants and Hexavalent Chromium.

*Key words:* Hexavalent Chromium, Methyl Red, Chapala Lake.

### Resumen

Se ha reportado la presencia de contaminantes en el lago de Chapala, los cuales se han convertido en un problema de salud pública para las comunidades aledañas, las bacterias que sobreviven a las condiciones de mezcla de contaminantes, requieren de un metabolismo especializado para poder perpetuarse. Bajo esta perspectiva, se logró el aislamiento de bacterias resistentes a Cromo (Cr) provenientes del sitio de muestreo identificado como La Palma en el estado de Michoacán, 4 cepas presentaron características morfológicas distintas, evaluándose su resistencia a Cr(VI) y su potencial de reducción, así como la capacidad de degradación del colorante rojo de metilo. Las cepas aisladas de los sedimentos fueron capaces de resistir concentraciones de hasta 1200 mg/l de Cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) en medio líquido. Estas cepas fueron capaces de reducir Cr(VI) en porcentajes de 46.5 a 52.3, después de 72 horas de exposición, en una concentración de 50 mg/l de cromato. En la degradación de rojo de metilo, se registraron porcentajes de degradación de 16.9 a 83.4, después de 7 horas, en una concentración de 50 mg/l de rojo de metilo. Estas bacterias aisladas tienen la

---

\*Autores de correspondencia  
Email: marisela.soto@uacj.mx

capacidad de ser utilizadas en el tratamiento de aguas contaminadas con colorantes azo y con cromo hexavalente.

*Palabras claves:* Cromo hexavalente, rojo de metilo, Lago de Chapala.

---

## Introducción

La contaminación en cuerpos de agua se ha incrementado y se ha convertido en una problemática mundial. El lago de Chapala es el más grande de la República Mexicana con una extensión aproximada de 1,740.8 km<sup>2</sup>, es tercero en tamaño en América Latina y el segundo en altura de América (Castelán *et al.*, 2004), y sirve como abastecimiento de agua para poblaciones de Jalisco y Michoacán. Se ha determinado la presencia de metales pesados en los sedimentos del Lago de Chapala, México, convirtiéndose en un problema de salud pública. Los metales entran en el medio acuático de una variedad de fuentes, incluyendo los que se producen de forma natural a través de los ciclos biogeoquímicos y a través de fuentes antropogénicas, es decir, de efluentes industriales y domésticos, urbano, tormenta de escorrentía de aguas, lixiviados de vertedero y fuentes atmosféricas (Trujillo-Cárdenas *et al.*, 2010). La industria textil utiliza una alta cantidad de volumen de agua en sus procesos, por lo tanto, genera grandes cantidades de agua residual, contaminada por colorantes; los cuales no son altamente tóxicos para los seres vivos, pero sí sus consecuencias al medio ambiente, debido a su coloración que pueden llegar a suprimir los procesos fotosintéticos que realizan algunos organismos (Sarkar *et al.*, 2011). Los metales pesados no son biodegradables, pero pueden ser transformados, estas transformaciones afectan la movilidad y la biodisponibilidad de los metales. Los microorganismos que pueden crecer y desarrollarse en presencia de metales son llamados metalófilos (Ramírez *et al.*, 2006). El Cromo es un metal importante comúnmente utilizado en varias industrias, por ejemplo, bronceado, galvanoplastia y la producción de acero, y es un contaminante industrial común. La reducción microbiana de cromo hexavalente (Cr(VI)) a cromo trivalente (Cr(III)) es un proceso potencialmente útil para la remediación de aguas contaminadas con dicho metal. En dicho proceso se transforman compuestos muy solubles en agua, tóxicos y carcinógenos (Cr VI), en compuestos poco solubles y menos tóxicos

(Cr III) (Panigatti *et al.*, 2007; Pattanapitpaisal *et al.*, 2001). En la actualidad se han evaluado a nivel biorremediación de agua, el potencial de diferentes géneros bacterianos en la reducción de Cromo hexavalente (Sinha *et al.*, 2011; Sharma y Adholeya, 2012).

El color como parámetro físico-químico, es el primer contaminante reconocido en las aguas residuales de la industria textil que afecta a la estética, la transparencia del agua y la solubilidad de gases, por lo que tienen que ser eliminados antes de descargar las aguas de proceso en un cuerpo de agua receptor. La biorremediación microbiana es capaz de transformar diversos compuestos tóxicos a formas menos nocivas para el medio ambiente (Mathur y Kumar, 2013). En estudios recientes se ha demostrado que los microorganismos tienen la capacidad para la decoloración de los tintes y la eliminación de su toxicidad (Ramya *et al.*, 2010) ya que pueden lograr la mineralización completa de los contaminantes orgánicos siendo más rentables, llegando a producir una menor cantidad de lodos. La eficacia de la decoloración depende de la capacidad de adaptación y la actividad de los microorganismos seleccionados (Velmurugan y Ravikumar, 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de reducción de Cr(VI) y la degradación del colorante rojo de metilo de bacterias resistentes a Cromo aisladas a partir de sedimentos del Lago de Chapala, México.

## Materiales y método

### *Aislamiento microbiano*

El muestreo de sedimentos del Lago de Chapala se realizó en las coordenadas 20°08'34.6"N y 102°46'24.7"W, la muestra se recolectó en tubos Falcon de 50 ml estériles, estas fueron almacenadas en una hielera a una temperatura de 4°C para ser transportadas al laboratorio para su posterior análisis (De Anda *et al.*, 2013). Posteriormente se pesaron 10 g de sedimento y se incubaron a 37°C por 21 días a 200 rpm en caldo nutritivo suplementado con dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) a una concentración de 20 mg l<sup>-1</sup> de Cr(VI). Se

tomaron muestras del medio de cultivo al tiempo 0, 3, 7, 14 y 21 días de incubación. Las muestras recolectadas se cultivaron en cajas Petri con agar nutritivo suplementado a 20 mg l<sup>-1</sup> de Cr(VI), para lo cual se realizaron diluciones seriadas del orden 10<sup>6</sup>. Se seleccionaron colonias morfológicamente diferentes para realizar su aislamiento en nuevas cajas Petri usando estría escocesa (Soto-Padilla et al., 2014).

#### *Resistencia y crecimiento en Cr(VI) y rojo de metilo*

Se determinó la resistencia y crecimiento microbiano a las 48 h a 37°C en Cr (VI), utilizando agar LB suplementado con dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), se evaluaron concentraciones de Cr(VI) de 50, 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200 mg l<sup>-1</sup>. Para el caso de rojo de metilo se utilizó agar nutritivo suplementado con rojo de metilo en concentraciones de 50, 100, 200, 300 400 y 500 mg l<sup>-1</sup>.

#### *Cinética de crecimiento en Cr(VI) y rojo de metilo*

Se inocularon con 10% de pre inóculo de bacterias aisladas e incubaron en matraces Erlenmeyer; en la cinética de crecimiento en Cr(VI) se utilizó caldo Luria (LB) adicionado con dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) a una concentración de 50 mg l<sup>-1</sup>; en la cinética de crecimiento en rojo de metilo se utilizó caldo nutritivo adicionado con colorante rojo de metilo a una concentración de 50 mg l<sup>-1</sup>; en ambos casos los matraces se esterilizaron en autoclave durante 15 minutos. Los matraces se inocularon e incubaron en un agitador orbital con una temperatura de 37°C a 200 rpm. Para la evaluación del crecimiento microbiano se tomaron alícuotas de 3 ml del medio de cultivo en diferentes intervalos de tiempo. El crecimiento bacteriano se estimó por turbidimetría a una longitud de onda de 600 nm en el espectrofotómetro UV-Vis (Lambda 2) (Thacker et al., 2007). Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

#### *Cinética de reducción de Cr (VI)*

La reducción de Cromo se determinó utilizando caldo Luria (LB) adicionado con dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) a una concentración de 50 mg l<sup>-1</sup>, el cual se incubó a 37°C y 200 rpm. Se evaluó la reducción de Cr(VI), tomando alícuotas de 3 mL del medio de cultivo a diferentes intervalos de tiempo, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos. La concentración de Cr(VI) se determinó

utilizando el método de la Ditzona a una longitud de onda de 540 nm en el espectrofotómetro UV-Vis (Lambda 2) (Thacker et al., 2007).

#### *Decoloración de rojo de Metilo*

Para la evaluación de la decoloración se utilizó caldo nutritivo suplementado con una concentración de 50 mg l<sup>-1</sup> de rojo de metilo inoculado con 10% de pre inóculo de cada bacteria, el cual se incubó a 37°C y 200 rpm. Posteriormente se tomaron alícuotas de 5 ml de medio de cultivo a diferentes intervalos de tiempo. Cada alícuota se centrifugó a 3000 rpm durante 15 min y en el sobrenadante se midió la decoloración al medio de espectrofotometría a una absorbancia a 430 nm (Lambda 2). El porcentaje de decoloración fue calculado de acuerdo a la ecuación 1 (Jadhav et al., 2008).

$$\% \text{ Decoloración} = \frac{A_i - A_f}{A_i} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$A_i$  = Absorbancia inicial y  $A_f$  = Absorbancia final

## **Resultados**

Se obtuvieron 10 colonias de bacterias con resistencia a Cr(VI) del sitio de muestreo, de las cuales cuatro cepas presentaron características morfológicas distintas; microscópicamente las cepas A, C y D presentan forma de bacilos Gram negativos, la cepa B presenta forma de cocos Gram positivos. El crecimiento evaluado de las cepas A, B, C y D con dicromato de potasio mostraron diferentes grados de resistencia al Cr(VI), siendo las que presentaron mayor crecimiento las cepas B y D (Fig. 1). En cambio, para la degradación de rojo de metilo se observó un halo de 2 a 3 mm en las cajas con concentraciones de 500 mg l<sup>-1</sup> para las cuatro cepas evaluadas. Las cinéticas de crecimiento mostradas en la figura 2 de las cuatro cepas a 50 mg l<sup>-1</sup> de Cr(VI), podemos distinguir que existe un mayor crecimiento de las cepas B y D como se determinó en la evaluación de resistencia que se realizó en placa. La figura 3 nos muestra la cinética de crecimiento de las cuatro cepas a concentraciones de 50 mg l<sup>-1</sup> de rojo de metilo, donde se observa que las cepas C y D presentaron un mayor crecimiento que las cepas A y B.

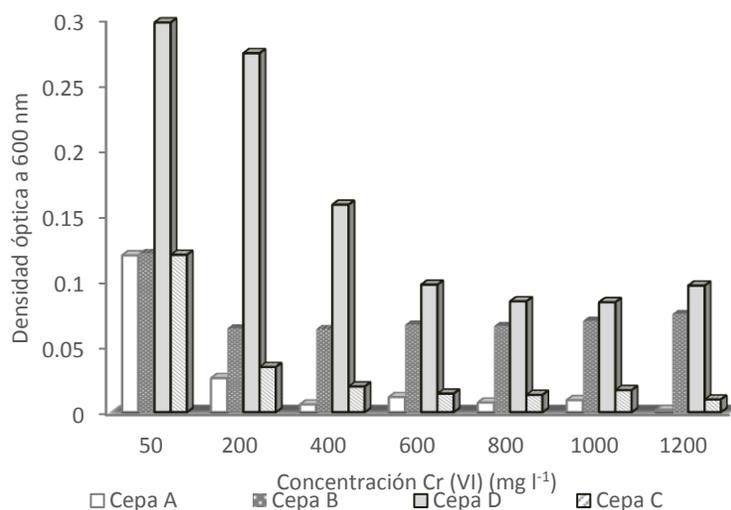


Figura 1. Evaluación de crecimiento de cuatro cepas de bacterias aisladas del Lago de Chapala, México, a diferentes concentraciones de Cr(VI).

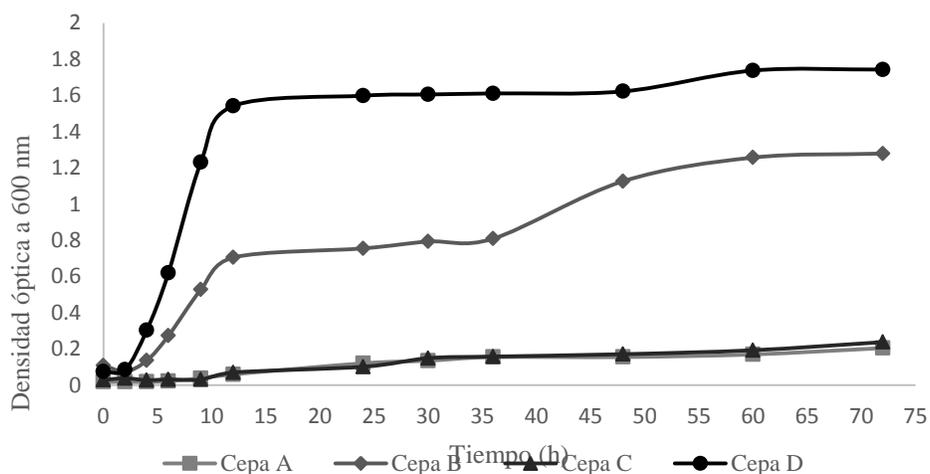


Figura 2. Cinética de crecimiento de cuatro cepas de bacterias resistentes a Cromo (VI) aisladas del Lago de Chapala, México, en caldo LB suplementado con 50 mg l<sup>-1</sup> de dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>).

En las cinéticas de reducción de Cr(VI) (Fig. 4), se percibe una disminución de la concentración de cromato muy similar en las cuatro cepas evaluadas, se puede observar también la disminución de la concentración de Cr(VI) conforme transcurre el tiempo, logrando a un tiempo de 72 horas tener una concentración de 47.6% para la cepa D y 50.2% para la cepa C de la concentración inicial de dicromato de potasio. Los porcentajes de reducción

de Cr(VI) de las cepas estudiadas muestran valores del 46.5 al 52.3 % (Tabla 1).

En la degradación de rojo de metilo de igual manera se evaluaron las cinéticas de degradación (Fig. 5), en donde se observó que la cepa C tiene una mayor facilidad de eliminarlo, ya que presentó un porcentaje del 74.5% en un tiempo de 2 horas. Los porcentajes de degradación de rojo de metilo de las cepas muestran valores de 16.9 a 83.4% (Tabla 2).

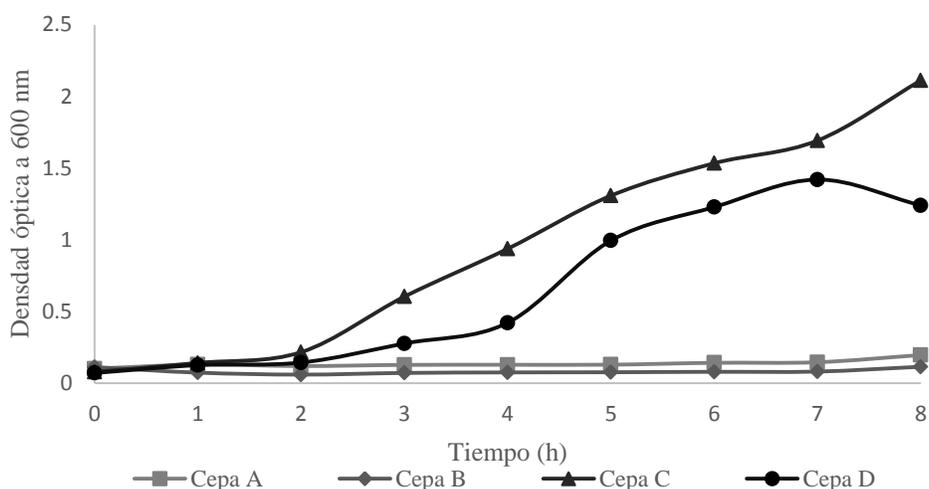


Figura 3. Cinética de crecimiento de cuatro cepas de bacterias resistentes a Cromo (VI) aisladas del Lago de Chapala, México, en caldo nutritivo suplementado con 50 mg l<sup>-1</sup> de colorante rojo de metilo.

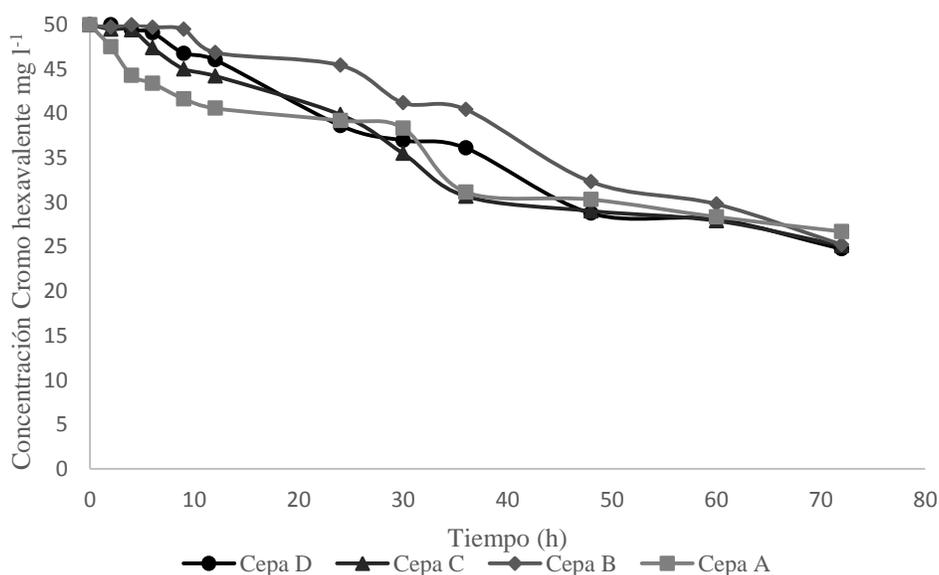


Figura 4. Reducción de la concentración de Cromo hexavalente en un periodo de 72 h, por cuatro cepas de bacterias aisladas del Lago de Chapala, México.

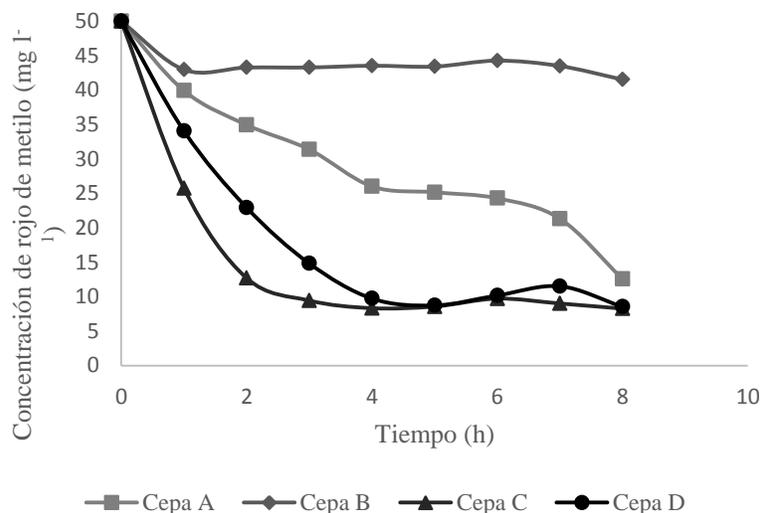
### Discusión

Investigaciones realizadas en el Lago de Chapala sobre las fuentes que originan contaminación por metales pesados en el embalse natural del lago, indican la presencia de Cromo el cuál proviene de

las actividades económicas que se desarrollan a lo largo de la cuenca Lerma-Chapala (Brito *et al.*, 2015; Trujillo-Cárdenas *et al.*, 2010). Los sedimentos finos del Lago de Chapala actúan como trampas eficientes para la remoción de los metales pesados tóxicos de la columna de agua, permitiendo

**Tabla 1. Porcentajes de reducción de Cr(VI) por cepas cromo resistentes aisladas del Lago de Chapala, México.**

Cepa	% de reducción Cr(VI)
A	46.5
B	49.6
C	49.7
D	52.3



**Figura 5. Reducción de la concentración de rojo de metilo en un periodo de 8 h, por cuatro cepas de bacterias aisladas del Lago de Chapala, México.**

**Tabla 2. Porcentajes de degradación de rojo de metilo por cepas cromo resistentes aisladas del Lago de Chapala, México.**

Cepa	% de reducción rojo de metilo
A	74.8
B	16.9
C	83.4
D	82.9

su captación; de esta manera, se obtienen altos niveles de metales en la fase sólida del sistema (Hansen, 1992). En el sitio de muestreo identificado como La Palma en el estado de Michoacán, se encontró una diversidad de microorganismos resistentes a diferentes metales pesados entre los que se encuentran las 10 cepas de bacterias aisladas con resistencia al Cromo. A nivel mundial se han logrado aislar microorganismos tanto de sitios contaminados con Cromo como de ecosistemas naturales no contaminados, los microorganismos encontrados en sitios contaminados por Cromo han desarrollado mecanismos para combatir la toxicidad del cromato (Ramírez-Díaz *et al.*, 2009). La capacidad de los microorganismos de resistir y desarrollar dichos mecanismos se ha utilizado en la

actualidad para su aplicación en procesos de biorremediación de diferentes contaminantes como son: metales pesados, hidrocarburos, colorantes, etc. Investigaciones reportadas sobre la resistencia de bacterias a cromato concuerdan con los resultados obtenidos, las cepas aisladas del Lago de Chapala resultaron todas resistentes a concentraciones superiores a 1000 mg l<sup>-1</sup> de cromato (Islas-Espinoza y Bojórquez-Aguilar, 2011; Thacker *et al.*, 2007), se ha descrito que el cromo (Cr<sup>+6</sup>) puede ser reducido a su forma menos tóxica (Cr<sup>+3</sup>) mediante el uso de microorganismos como hongos y bacterias (Cárdenas-González *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2007), por lo que han sido propuestos como alternativas biotecnológicas para la biorremediación de la contaminación por cromato (Acosta-Rodríguez *et*

al., 2012; Guo et al., 2010).

La evaluación de las cinéticas de las cepas demostró el mayor crecimiento en la cepa D concordando con los resultados presentados por Thacker et al. (2007) quienes reportan una absorbancia de 1.6 en sus estudios a una concentración de 50 mg l<sup>-1</sup> de cromato, en un tiempo de 48 h. Estudios realizados por Islas-Espinoza y Bojórquez-Aguilar (2011) muestran que el crecimiento de la cepa estudiada presentaba valores menores a 0.5 de densidad óptica en las primeras horas de crecimiento concordando con el desarrollo de las cepas A y C. Rahman et al. (2007) reportan un crecimiento de 1.2 de densidad óptica muy similar a la que muestra la cepa B, coincidiendo con la cinética de crecimiento de *Bacillus* reportado por Zahor y Rehman (2009). En las investigaciones mencionadas se ha observado que el crecimiento de las cepas analizadas decrece con el incremento de las concentraciones de cromato.

La reducción de cromato por bacterias se ha revisado en varios trabajos utilizando diferentes cepas, así como diversas concentraciones de cromato y periodos de tiempo (Camargo et al., 2003; Zahor y Rehman, 2009); estos trabajos demuestran que la reducción de cromo hexavalente se afecta con el aumento de la concentración de cromato, reportando porcentajes de reducción entre 24 y 55% (Shakoori et al., 1999; Panigatti et al., 2007).

Wang y Shen (1995) mencionan que las bacterias reductoras de cromo requieren generalmente altas densidades celulares para presentar una reducción significativa de cromato; sin embargo, nuestros resultados indican que las cepas que no presentaron un valor alto de densidad óptica presentan similar capacidad de reducción del cromo hexavalente.

Dentro de los colorantes aplicados en la industria se encuentran colorantes complejo-metálicos formados por un colorante azo principalmente y un metal (Cr, Co, Cu), la presencia de colorantes en las aguas residuales representa un problema ambiental, ya que este tipo de compuestos no puede eliminarse con los métodos de tratamiento convencionales (Cortazar-Martínez et al., 2012). Investigaciones reportan la aplicación de bacterias en la degradación de colorantes tanto aerobios como anaerobios (Saratale et al., 2011; Solís et al., 2012). Los resultados del crecimiento de las cepas en rojo de metilo muestran que el colorante azo no presenta riesgo de toxicidad para las cepas, ya que en las primeras 8 horas la

cepa C alcanzó un valor superior a 2.0 de densidad óptica. Olukanni et al. (2009) evaluó la degradación del colorante rojo de metilo como estándar de colorantes tipo azo utilizando una cepa de *Micrococcus* aislado de suelo. Adedayo et al. (2004) al evaluar la degradación de rojo de metilo por medio de un consorcio bacteriano obtenido de una planta de tratamiento de agua residual mostró que la degradación se alcanzaba en un periodo de 16 horas para una completa decoloración en concentraciones de 20 a 30 mg l<sup>-1</sup>; nuestros resultados muestran una degradación de 83 % por las cepas C y D a una concentración de 50 mg l<sup>-1</sup>, representando una alternativa de aplicación en procesos de biorremediación con este tipo de contaminantes.

## Conclusiones

Las bacterias aisladas del Lago de Chapala tienen la capacidad (mayor a 50%) de ser utilizadas para diferentes usos biotecnológicos, como lo es el tratamiento de aguas contaminadas con colorantes azo y con cromo hexavalente.

## Referencias

- Acosta-Rodríguez, I., Cárdenas-Gonzales, J.F. y Martínez-Juárez, V.M., 2012. El uso de diferentes biomasas para la eliminación de metales pesados de sitios contaminados. *Ide@s CONCYTEG* 7, 911-922.
- Adedayo, O., Javadpour, S., Taylor, C., Anderson, W.A. y Moo-Young, M., 2004. Decolourization and detoxification of methyl red by aerobic bacteria from a wastewater treatment plant. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 20, 545-550.
- Bríto, E.M., De la Cruz, B.M., Caretta, C.A., Goñi-Urriza, M., Andrade, L.H., Cuevas-Rodríguez, G., Malm, O., Torres, J.P., Simón, M. y Guyoneaud, R., 2015. Impact of hydrocarbons, PCBs and heavy metals on bacterial communities in Lerma River Salamanca, México: Investigation of hydrocarbon degradation potential. *Science of The Total Environment* 521, 1-19.
- Camargo, F.A., Okeke, O.C., Bento, F.M. y Frankenberger, W., 2003. In vitro reduction of hexavalent chromium by a cell-free extract of *Bacillus* sp. ES 29 stimulated by Cu<sup>2+</sup>. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 62, 569-573. DOI: 10.1007/s00253-003-1291-x
- Cárdenas-González, J.F., Martínez-Juárez, V.M. y Acosta-Rodríguez, I., 2011. Remoción de cromo (VI) por una cepa de *Paecilomyces* sp resistente a cromato. *Información Tecnológica* 22, 43-50. DOI: 10.4067/S0718-07642011000400006
- Quiroz-Castelán, H., Mora-Zúñiga, L.M., Molina-Astudillo, I. y García-Rodríguez, J., 2004. Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el lago de Chapala, Jalisco, México. *Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y Posgrado. Acta Universitaria* 14, 47-58.

- Cortazar-Martínez, A., González-Ramírez, C.A., Coronel-Olivares, C., Escalante-Lozada, J.A., Castro-Rosas, J. y Villagómez-Ibarrá, J.R., 2012. Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil. *Universidad y Ciencia* 28, 187-199.
- De Anda, V.Y., Ponce, G.Y., Rosas, G.M., Vázquez, P.A. y Blaz, J.I., 2013. Manual del curso teórico- práctico: Ecología Molecular: "Abriendo la Caja Negra del Ecosistema". Curso precongreso en ecología molecular en el marco del tercer congreso de bioquímica y biología molecular de bacterias. Cuatro Ciénegas de Carranza, Coahuila, México.
- Guo, H., Luo, S., Chen, L., Xiao, X., Xi Q., Wei, W., Zeng, G., Liu, C., Wan, Y., Chen, J. y He, Y., 2010. Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulaor endophytic bacterium *Bacillus* sp. L14. *Bioresource Technology*. 8599–8605. DOI:10.1016/j.biortech.2010.06.085
- Hansen, A.M., 1992. Metales pesados en el sistema Lerma-Chapala: distribución y migración. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA. 92-98.
- Islas-Espinoza, M. y Bojórquez-Aguilar, R., 2011. Bacterias reductoras de Cr<sup>6+</sup> y su potencial biotecnológico. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27, 231-239.
- Jadhav, S.U., Jadhav, M.U., Kagalkar, A.N. y Govindwar, S.P., 2008. Decolorization of Brilliant Blue G dye mediated by degradation of the microbial consortium of *Galactomyces geotrichum* and *Bacillus* sp. *J. Chin. Inst. Chem. Eng.* 39, 563-570. DOI:10.1016/j.jcice.2008.06.003
- Ma, Z., Zhu, W., Long, H., Chai, L. y Wang, Q., 2007. Chromate reduction by resting cells of *Achromobacter* sp. Ch-I under aerobic conditions. *Process Biochem.* 42, 1028-1032. DOI: 10.1016/j.procbio.2007.03.007
- Mathur, N. y Kumar, A., 2013. Decoloration of methyl red by an isolated *Pseudomonas putida* strain MR1. *Afr. J. Microbiol. Res.* 7, 983-989. DOI: 10.5897/AJMR2013.2537
- Olukanni, O. D., Osuntoki, A.A. y Gbenle, G.O., 2009. Decolourization of azo dyes by a strain of *Micrococcus* isolated from a refuse dump soil. *Biotechnology* 8, 442-448.
- Panigatti, M.C., Torres, J.M., Griffa, C., Boglione, R. y Gentinetta, F., 2007. Biorremediación de efluentes con cromo (VI) proveniente de plantas metalmeccánicas. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica* 1, 1-13.
- Pattanapitpaisal, P., Brown, N.L. y Macaskie, L.E., 2001. Chromate reduction and 16S rRNA identification of bacteria isolated from a Cr(VI)-contaminated site. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 57, 257–261.
- Rahman, M.U., Gul, S. y Haq, M.Z.U., 2007. Reduction of chromium(VI) by locally isolated *Pseudomonas* sp. C-171. *Turk J. Biol.* 31, 161-166.
- Ramírez, N., Serrano, J.A. y Sandoval, H., 2006. Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 37, 56-71.
- Ramírez-Díaz, M.I., Riveros-Rosas, H., Campos-García, J. y Cervantes, C., 2009. Reducción bacteriana de cromo hexavalente: mecanismos y aplicaciones. *REB.* 28, 73-79.
- Ramya, M., Iyappan, S., Manju, A. y Jiffe, J.S., 2010. Biodegradation and decolorization of acid red by *Acinetobacter radioresistens*. *J. Bioremed. Biodegrad.* 1, 105. DOI:10.4172/2155-6199.1000105
- Saratale, R.G., Saratale, G.D., Chang, J.S. y Govindwar, S.P., 2011. Bacterial decoloration and degradation of azo dyes: A review. *J. Taiwan Inst. Chem. E.* 42, 138-157. DOI:10.1016/j.jtice.2010.06.006
- Sarkar, P., Fakhruddin, A. y Mahin, A.A., 2011. Biodegradation and decoloration of methyl red. *Proceedings of the International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB)*.
- Shakoori, A.R., Tahseen, S. y Haq, R.U., 1999. Chromium-tolerant bacteria isolated from industrial effluents and their use in detoxication of hexavalent chromium. *Folia Microbiol.* 44, 50-54. DOI: 10.1007/BF02816221
- Sharma, S., y Adholeya, A., 2012. Hexavalent chromium reduction in tannery effluent by bacterial species isolated from tannery effluent contaminated soil. *Journal of Environmental Science and Technology* 5, 142-154. DOI:10.3923/jest.2012.142.154
- Sinha, S.N., Biswas, M., Paul, D., y Rahaman, S., 2011. Biodegradation potential of bacterial isolates from tannery effluent with special reference to hexavalent chromium. *Biotechnol. Bioinf. Bioeng.* 1, 381-386.
- Solís, M., Solís, A., Pérez, H. I., Manjarrez, N. y Flores, M., 2012. Microbial decolouration of azo dyes: A review. *Process Biochem.* 47, 1723-1748. DOI:10.1016/j.procbio.2012.08.014
- Soto-Padilla, M.Y., Valenzuela-Encinas, C., Dendooven, L., Marsch, R., Gortarés-Moroyoqui, P. y Estrada-Alvarado, M.I., 2014. Isolation and phylogenic identification of soil haloalkaliphilic strains in the former Texcoco Lake. *Int. J. Environ Heal R.* 24, 82-90. DOI: 10.1080/09603123.2013.800957
- Thacker, U., Parikh, R., Shouche, Y. y Madamwar, D., 2007. Reduction of chromate by cell-free extract of *Brucella* sp. Isolated from Cr(VI) contaminated sites. *Bioresource Technol.* 98, 1541-1547. DOI:10.1016/j.biortech.2006.06.011
- Trujillo-Cárdenas, J., Saucedo-Torres, N., Zárate del Valle, P., Ríos-Donato, N., Mendizábal, E. y Gómez-Salazar, S., 2010. Speciation and sources of toxic metals in sediments of Lake Chapala, Mexico. *J. Mex. Chem. Soc.* 54, 79-87.
- Velmurugan, S. y Ravikumar, R., 2014. Biodegradation and decolorization of reactive dye red ME4BL by *Bacillus subtilis*. *IJEBS* 2, 250-255. DOI:10.12691/ijebs-2-6-1
- Wang, Y.T. y Shen, H., 1995. Bacterial reduction of hexavalent chromium. *J. Ind. Microbiol.* 14, 159-163. DOI: 10.1007/BF01569898.

---

## Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del Estado de Campeche, México

R.M.J. Mex-Álvarez\*, P.M. Garma-Quen, N.J. Bolívar-Fernández y M.M. Guillén-Morales

*Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche*

---

*Proximal and phytochemical analysis of five maize varieties from Campeche, Mexico*

### **Abstract**

The proximal and phytochemical analysis of five maize varieties obtained from localities of the municipality of Hopelchen, Campeche (Mexico) was performed to determine the macronutrient composition and the presence of secondary metabolites. The purple maize variety had the highest level of moisture (10.43%) and the lowest fat content (4.07%) and whites maize varieties, both native and hybrid, had the highest level of protein (9.54 and 9.93%) and the lowest percentage of crude fiber (2.97 and 2.58%); the yellow maize had the highest percentage of carbohydrates (75.07%) and crude fiber (7.79%). Also, phytochemical analysis for reducing sugars, polyphenols, amino acids, quinones, essential oils and triterpenes were made; but anthocyanins only were found in purple and red maize extracts.

*Key words:* maize varieties, nutritional value.

### **Resumen**

Se realizó el análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz cultivados en localidades del municipio de Hopelchén, Estado de Campeche (México) para determinar su composición de macronutrientes y la presencia de metabolitos secundarios en los granos de maíz de las diferentes variedades estudiadas. La variedad de maíz morado tuvo el mayor porcentaje de humedad (10.43%) y el menor contenido de grasa (4.07%) y las variedades de maíz blanco, tanto el criollo como el híbrido, tuvieron el mayor porcentaje de proteína (9.54 y 9.93%) y el menor porcentaje de fibra cruda (2.97 y 2.58%); el maíz amarillo tuvo el mayor porcentaje de carbohidratos (75.07%) y de fibra cruda (7.79%). Asimismo, se determinó la presencia de azúcares reductores, polifenoles, aminoácidos, quinonas, aceites esenciales y triterpenos en los extractos de las cinco variedades de maíz; pero solamente los maíces morado y rojo presentaron antocianidinas.

*Palabras claves:* variedades de maíz, valor nutricional.

---

---

\*Autores de correspondencia  
Email: rafammex@uacam.mx, tel (01-981)-81-1-98-00

## Introducción

El maíz es un cereal originario de México y junto con todos los cereales constituye la principal fuente de alimentación para la humanidad porque aportan más del 50% de la energía consumida en la alimentación humana (López *et al*, 2007. Sánchez *et al*, 2007); esto es más relevante en países en vías de desarrollo porque constituyen la fuente de nutrientes requeridos para el crecimiento y desarrollo, por ello el maíz es el cereal de mayor importancia para la alimentación latinoamericana (Coutiño *et al*, 2008). En México el maíz se consume de diferentes maneras, la más importante para consumo humano directo es la tortilla, aunque también se consume en forma de pinole, atole, tostada, tamal y elote (Salinas-Moreno *et al*, 2010).

La calidad nutricional del maíz depende de diversos factores como la genética, las condiciones de cultivo y el manejo postcosecha; además la interacción entre el ambiente y el genotipo también influye sobre las características del grano (Salazar-Martínez *et al*, 2009. Jiménez-Juárez *et al*, 2015). México es el país que posee la mayor cantidad de variedades de maíz, es decir, la mayor diversidad genética de este cereal; esto implica una diversidad de caracteres morfológicos vegetativos y en la composición química del grano (Hañaraqui-Quispe *et al*, 2015. Hernández-Martínez *et al*, 2016). Generalmente la mayor cantidad de maíz producido proviene de las variedades híbridas y se destina a la industria; pero las variedades criollas sirven para la alimentación en zonas marginales porque se emplean para el autoconsumo (Díaz Coronel *et al*, 2009. Jiménez-Juárez *et al*, 2012).

En México los maíces de grano blanco son demandados para la elaboración de tortillas y los maíces de color amarillo ofrecen una mayor ventaja en la elaboración industrial de botanas por su textura y apariencia, igualmente se emplea en la alimentación avícola por su contenido de beta-caroteno sirven para impartir el color amarillo a la yema del huevo y a la carne (Díaz Coronel *et al*, 2009). Además de las variedades blancas y amarillas que son las más comunes y empleadas existen múltiples variedades de diferentes colores como el rojo, morado, café, verde, negro y azul; en las variedades pigmentadas se encuentran compuestos polifenólicos como las antocianidinas cuyo interés radica en los beneficios que su consumo aporta a la salud porque son antioxidantes

naturales; el maíz contiene más cantidad de fenoles que el trigo, el arroz o la avena (Jacobo *et al*, 2011). La calidad de la tortilla está influenciada por las características físicas y químicas del grano y por las condiciones de su elaboración; los granos empleados en la elaboración de la masa deben generar un producto con alta humedad, buena cohesividad y adhesividad especialmente para la industria aunque en zonas rurales los granos de maíz se seleccionan de acuerdo a preferencias particulares y utilizan cal para su nixtamalización, esta tecnología es un proceso térmico alcalino que permite transformar el maíz en la tortilla que es el alimento básico de consumo diario; en zonas tropicales húmedas de México se han encontrado que los maíces cultivados califican adecuadamente para la industria de la masa y la tortilla (Pérez *et al* 2012. Moreno *et al*, 2013).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar químicamente, por el contenido de macronutrientes y la presencia de fitoquímicos, los granos de cinco variedades de maíz cultivados en el municipio de Hopelchén del Estado de Campeche, México.

## Materiales y método

Se emplearon cinco variedades de maíz cultivadas en el municipio de Hopelchén en el Estado de Campeche, se eliminó las impurezas presentes en las mazorcas y posteriormente se desgranaron manualmente; las muestras se molieron para obtener las harinas que se conservaron en recipientes herméticos y protegidos de la luz hasta su análisis. El análisis proximal se realizó por triplicado a cada muestra de acuerdo al método de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) para humedad (925.10), cenizas (923.03), grasas (920.39), fibra dietética total (962.09), las proteínas se determinaron por el Método de Kjeldhal de acuerdo al Método Internacional Aprobado de la AACC (American Association of Cereal Chemist) 46.10 (Díaz Domínguez *et al*, 2011. Borrego-Avila *et al*, 2016). En el análisis proximal de la AOAC no se incluyen carbohidratos porque su composición se estima por diferencia porcentual; sin embargo se determinó la cantidad de azúcares totales contenidos en las harinas al hidrolizar los polisacáridos contenidos en las muestras y posterior determinación de glucosa por el método de la glucosa oxidasa (Prieto García *et al*, 2008. Bressani *et al*, 2014).

A partir de la harina obtenida de los granos de maíz se realizó una extracción con etanol al 70% por maceración en reposo (proporción volumétrica biomasa/ disolvente 1:10) y a temperatura ambiente por 48 horas. El extracto se filtró y se concentró por evaporación al vacío en un rotavapor, con baño de agua a 40° C y posteriormente se terminó de secar con el auxilio de una bomba de vacío. Se preparó una solución de los extractos con una concentración aproximada de 1000 ppm (100 mg de extracto disueltos en 100 mL de etanol al 70%), de esta solución se tomaron alícuotas correspondiente para cada una de las pruebas químicas (Lawal *et al*, 2014. Franco Quino *et al*, 2016). A cada extracto se le determinó la presencia de Polifenoles, Flavonoides, Antocianidinas, Lactonas, Aminoácidos, Quinonas, Esteroides y Triterpenos, Saponinas, Aceites esenciales y Glicósidos Cardiotónicos (Peña Nuñez *et al*, 2008. Vega Torres *et al*, 2009).

Para analizar los resultados de las pruebas se usó el programa computacional Statgraphics plus 5.1 ®. para un examen exploratorio, los estadísticos descriptivos con que se reportan los valores son la media y una desviación estándar; se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía seguido de una prueba de comparación de Tukey, con un nivel de confianza del 95%, es decir,  $\alpha=0.05$ .

## Resultados

La caracterización química de las variedades de maíz consistió en el análisis proximal y en la evaluación fitoquímica para determinar los metabolitos primarios y secundarios, respectivamente. Los resultados del análisis proximal se muestran en la tabla 1; en la cual se reporta el valor de cada parámetro, en ella se puede apreciar que la variedad morada de maíz tuvo el mayor porcentaje de humedad (10.43%) y el menor

contenido en grasa (4.07%), las variedades blancas (criolla e híbrida) presentaron un mayor porcentaje de proteínas (9.54 y 9.93, respectivamente) y el menor porcentaje de fibra cruda (2.97 y 2.58, respectivamente).

En general, las variedades blancas y amarilla de maíz son similares en su composición proximal, la variedad morada analizada se diferencia más del resto de las variedades estudiadas, mientras que la variedad roja comparte características intermedias entre la variedad morada y los maíces blancos.

Por otra parte, la evaluación fitoquímica se realizó con los extractos hidroetanólicos de las variedades de maíz recolectadas en campo, en la figura 1 se puede apreciar algunos extractos obtenidos, cuya diversidad de colores y tonalidades corresponden a la de los granos que sirvieron para obtener el extracto.

Los resultados de la prueba fitoquímica se muestran en la tabla 2, en ella se omiten los metabolitos secundarios que dieron negativo en todos los extractos ensayados; según estos datos se aprecia que las variedades morada y roja contienen antocianidinas y compuestos fenólicos; mientras que los extractos de maíces amarillo, blanco e híbrido contuvieron la mayor cantidad de aminoácidos. Los azúcares reductores fueron los metabolitos con mayor presencia en todos los extractos.

## Discusión

El maíz es la base de la gastronomía mexicana y representa una fuente de nutrientes importantes sobre todo para las poblaciones más pobres y desprotegidas; en economías de subsistencia, el maíz y el frijol constituyen casi las únicas fuentes de alimentación para los campesinos, por ello se recurre a su diversidad para satisfacer condiciones gastronómicas y socioculturales e incluso necesidad

**Tabla 1.- Resultados del Análisis Proximal de las Variedades de Maíz Estudiadas**

Parámetro	Morado	Rojo	Amarillo	Bco. Criollo	Bco. Híbrido
Humedad	10.43±1.03 <sup>b</sup>	6.86±1.63 <sup>a</sup>	7.45±1.33 <sup>a</sup>	7.46±1.18 <sup>a</sup>	7.98±1.13 <sup>a</sup>
Cenizas	1.42±0.11 <sup>b</sup>	1.39±0.19 <sup>ab</sup>	1.29±0.14 <sup>a</sup>	1.49±0.14 <sup>b</sup>	1.48±0.09 <sup>b</sup>
Grasas	4.07±0.59 <sup>ab</sup>	5.40±0.71 <sup>a</sup>	6.36±0.89 <sup>b</sup>	7.67±0.84 <sup>a</sup>	7.73±0.90 <sup>ab</sup>
Proteínas	6.76±0.27 <sup>b</sup>	7.45±0.22 <sup>c</sup>	4.27±0.15 <sup>a</sup>	9.54±0.29 <sup>d</sup>	9.93±0.26 <sup>d</sup>
Carbohidratos	74.30±0.81 <sup>a</sup>	72.31±1.14 <sup>a</sup>	75.07±1.00 <sup>b</sup>	70.91±1.05 <sup>a</sup>	70.71±0.67 <sup>a</sup>
Fibra cruda	3.32±0.13 <sup>b</sup>	6.39±0.21 <sup>c</sup>	7.79±0.19 <sup>d</sup>	2.97±0.25 <sup>a</sup>	2.58±0.27 <sup>a</sup>

Resultados expresados en porcentaje como media más/menos desviación estándar (X±SD), letras diferentes en la misma línea indican diferencias significativas.



Figura 1.- Extractos hidroetanólicos obtenidos de los granos de maíz.

Tabla 2.- Metabolitos secundarios contenidos en los extractos hidroetanólicos de maíz

Metabolito	Morado	Rojo	Amarillo	Bco. criollo	Bco. híbrido
Azúcares reductores	3	2	2	2	2
Aminas	1	1	2	2	2
Fenoles	1	1	½	½	½
Antocianidinas	2	1	0	0	0
Quinonas	2	2	1	1	½
Terpenos	½	½	1	1	1
Aceites esenciales	2	1	1	1	1

Los números indican la intensidad de la presencia: 0, no se encontró; ½, presencia dudosa; 1, reacción débil; 2, reacción evidente; 3, presencia abundante; 4, presencia muy abundante.

económica porque cada variedad de maíz presenta diferencia de cultivo y resistencia a diversos factores estresantes (Amodu *et al.*, 2014). Los campesinos tradicionales dependen de la agrobiodiversidad del maíz porque les brinda seguridad alimentaria y riqueza sociocultural; pero el comercio de maíz criollo está en desventaja respecto al maíz híbrido (Amata y Nwagu, 2012. Bello *et al.*, 2014). Por ello surge la necesidad de investigar las propiedades nutricionales y biológicas de las variedades de los maíces criollos pues la adquisición de conocimiento científico permitiría ampliar la industria relacionada con ellos y aumentar las expectativas económicas de desarrollo de los grupos campesinos mantenedores de los maíces criollos (Mengistu y Shimelis, 2012. Sánchez-Herrera *et al.*, 2014. Ndukwe *et al.*, 2015). El principal objetivo del análisis proximal es conocer el porcentaje de los macronutrientes o componentes mayoritarios de un alimento para poder describir las características de la variedad y del tipo de la especie estudiada pues las características fisicoquímicas del recurso vegetal varía por la influencia de factores genéticos, climáticos, edafológicos (Romo *et al.*, 2006. Edogbanya, 2016); en el análisis proximal se obtuvo

resultados esperados para maíces en general, reportados previamente en la literatura que describen que el grano está compuesto principalmente por almidón, proteína y aceite y en menor proporción fibra; todas las variedades presentan concentraciones aceptables de metabolitos primarios para considerar al maíz como un alimento básico; contienen un gran porcentaje de carbohidratos principalmente en forma de almidón presente en su grano que sirve como fuente primaria de energía en el metabolismo; además su contenido de humedad es considerable, este parámetro es un indicador de la calidad y manejo del grano y generalmente se acepta un valor no mayor a 14% que es la humedad crítica para todo tipo de cereal (López *et al.*, 2007. Salina-Moreno *et al.*, 2010), todas las variedades cumplieron con este criterio; al contener un porcentaje de humedad bajo esto facilita su conservación porque los granos con menor humedad son menos propensos a deteriorarse aunque pudieran ser más susceptibles al rompimiento. El maíz morado fue la variedad con mayor diferencia respecto a las otras cuatro variedades analizadas, su alto contenido de humedad se puede correlacionar con los altos requerimientos de agua para su cultivo, una

necesidad que limita en gran medida su uso en la agricultura porque lo hace más susceptible a sequías o dependiente a las precipitaciones pluviales y demanda una mayor cantidad de agua por riego (Jacobó *et al*, 2011).

A pesar que no se determinó la concentración de minerales, en todos los casos se observó una cantidad apreciable de cenizas que sirve para estimar la presencia de iones metálicos en el alimento porque representa la materia inorgánica contenida en el grano; pero una cantidad similar de ceniza no implica necesariamente que contengan el mismo tipo de iones minerales (Lune Jiménez, 2007. Olowalana, 2014). La variación de minerales contenidos en los granos de maíz depende del tipo de suelo donde se realizó su cultivo, los fertilizantes que se emplearon y las condiciones ambientales.

Todas las variedades de maíz contienen una cantidad apreciable de fibra y una cantidad moderada de grasas, esto coincide con la literatura que considera que generalmente los cereales contienen baja cantidades de compuestos lipídicos, los cuales principalmente están contenidos en el germen y la capa de aleurona del grano (Ullah *et al*, 2010. Length, 2014). Las grasas se definen bioquímicamente como sustancias insolubles en agua y solubles en compuestos apolares como el éter, este es el principio de la determinación de grasa en el análisis de laboratorio que involucra esta propiedad de solubilidad para su determinación, por ello algunos especialistas en el tema tiendan a llamarle extracto etéreo propiamente dicho (Borrego-Ávila *et al*, 2016; pues hay sustancias grasas que incluso no tiene un valor nutricional per se, es decir, no aportan energía metabolizable, ni se acumulan en el tejido, ni causan obesidad e incluso mejoran la salud de los seres humanos al disminuir el nivel de otros lípidos, como el colesterol o los triglicéridos en su organismo, pues en el extracto etéreo se encuentran también pigmentos como la clorofila o los carotenoides que son antioxidantes liposolubles; también están presentes los terpenoides, que son metabolitos secundarios con una multiplicidad de funciones biológicas favorables como antioxidantes, antimicrobianas, hipolipemiantes, anticancerígenas, entre otras (Franco Quino *et al* 2016).

La cantidad de proteína es un parámetro que difiere grandemente entre los cereales e inclusive entre el mismo tipo de cereal dependiendo de la variedad o aun de una cosecha a otra; esto se debe a la

interacción el genotipo y los factores ambientales presentes durante el desarrollo y maduración del grano; la mayor concentración proteínica se encontró en los maíces blancos (criollo e híbrido) que resulta razonable si se admite el hecho que estos maíces son los más empleados en la alimentación, además una de las características que buscan los ostentadores de las prácticas de hibridación o transgénesis es precisamente aumentar el valor nutricional del maíz al incrementar su contenido proteico para fines de alimentación humana y animal (Amasaib *et al*, 2012. Sánchez-Herrera *et al*, 2014); sin embargo debe considerarse que el verdadero valor nutricional de un alimento no radica meramente en su contenido de macronutrientes ni en la cantidad de micronutrientes minerales sino también en todos los componentes que favorezcan el mantenimiento de la salud y de las funciones metabólicas esenciales (Aremu *et al*, 2011. Okechukwu, 2014). Respecto al contenido de carbohidratos se sabe que estas biomoléculas son el mayor componente de los granos de cualquier cereal, todas las variedades de maíz tuvieron un alto porcentaje de carbohidratos, entre 70 y 75%, siendo los maíces morado y amarillos los que presentaron el mayor porcentaje; los carbohidratos son la fuente de energía primaria de un alimento que aporta la mayor cantidad de calorías metabolizable de los cereales y la principal razón de que los cereales sean la fuente de nutrientes requeridos para el crecimiento y desarrollo; también un mayor porcentaje de carbohidratos influirá sobre el sabor del alimento al conferir una mayor dulzura al grano (Rosli, 2013).

Por otra parte, los fitoquímicos son metabolitos secundarios presentes en cantidades mucho menores a las proteínas, grasas y carbohidratos pero que son biológicamente activos con propiedades bioquímicas que previenen o curan determinado tipo de enfermedades (Vega Torres *et al*, 2009. Correa Navarro *et al*, 2015). Las sustancias encontradas en el maíz como terpenos, quinonas o fenoles son un ejemplo de fitoquímicos y representan una posibilidad de adquirir propiedades farmacológicas benéficas para quienes lo consuman, estos productos naturales muchas veces son menospreciados en la industria alimenticia en el momento de realizar sus formulaciones que contienen los macronutrientes pero no fitoquímicos y muchos expertos atribuyen a esta deficiencia el aumento epidemiológico de enfermedades crónicas

degenerativas provocadas por un desequilibrio antioxidante que genera estrés oxidativo, por ello el estado de salud es restablecido, en parte, por diversos fitoquímicos suministrados en la dieta que actúan como antioxidantes exógenos (Jacobo *et al*, 2011. Sánchez-Herrera *et al*, 2014. Hernández-Martínez *et al*, 2016).

## Conclusiones

Los parámetros bromatológicos del maíz morado fueron los que mostraron una mayor diferencia respecto a los valores determinados para las otras variedades; las variedades blancas, criolla e híbrida, presentaron un mayor porcentaje de proteínas y el menor porcentaje de fibra cruda; en general, el alto contenido en carbohidratos y un nivel aceptable de fibra y proteínas determinan el valor nutricional de los maíces, los valores de estos parámetros de las cinco variedades de maíz analizadas están dentro del rango de aceptación; además todas las variedades de maíz mostraron la presencia de triterpenos, polifenoles, aminoácidos y quinonas, las únicas variedades que contuvieron antocianidinas fueron los maíces morado y rojo, esto aumenta su valor como alimento al aportar sustancias antioxidantes que optimizan el equilibrio metabólico del organismo y previenen el estrés oxidativo.

## Referencias

Amasaib, E. O., Elman, A., Mahala, A. G., Elseed, A. M. A. F. 2012. Nutritive Value of Maize (*Zea mays*) and Doleucus (*Lablab purpureus*) as Affected by Phosphorous Fertilization and Intercropping. Online Journal of Animal and Feed Research 2(6): 488–492.

Amata, I. A, Nwagu, K. M., 2012. Comparative Evaluation of the Nutrient Profile of the Seeds of Four Selected Tropical Plants and Maize. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 4:200–204.

Amodu, J. T., Akpensuen, T. T., Dung, D. D., Tanko, R. J., Musa, A., Abubakar, S. A., Hassan, M. R. 2014. Evaluation of Maize Accessions for Nutrients Composition, Forage and Silage Yields. Journal of Agricultural Science, 6: 178–187.

Aremu, M. O., Olaofe, O., Audu, S. S., Ijalana, D. M. 2011. Biochemical Evaluation of Fermented White Maize (*Zea mays* L.) Blended with Scarlet Runner Bean (*Phaseolus Coccineus* L.) Flour. The Open Nutraceuticals Journal, 4: 163–171.

Bello O.B., Olawuyi O.J., Ige S.A., Mahamood J., Afolabi M.S., Azeed M.A., Abdulmalik Y. 2014. Agro-nutritional variations of quality protein maize. Journal of Agricultural Sciences, 59: 101–116.

Borrego-Avila, D.A., Castilla-Arciniega, M.A., Gómez-González, L., and Chew Madinaveltia, R.G. 2016.

Caracterización Bromatológica de Harina de Guamüchil (*Pithecellobium dulce*). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1: 37–40.

Bressani, R., Rodas, B., Gudiel, E., Lezama, C. 2014. Composición Química y Valor Nutritivo del Maicillo (sorgo) Dulce. Revista de la Universidad del Valle de Guatemala, 29: 31–38

Correa Navarro, Y.M., Palomino García, L.R., Marino Mosquera, O. 2015. Actividad antioxidante y antifúngica de piperaceas de la flora colombiana. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 19: 167–181.

Coutiño Estrada, B., Vázquez Carrillo, G., Torres Morales, B.M., Salinas Moreno, Y. 2008. Calidad de Grano, Tortillas y Botanas de Dos Variedades de Maíz de la Raza Comiteco. Revista Fitotecnia Mexicana, 31: 9–14.

Díaz Coronel, G.T., Sabando Ávila, F.Q., Zambrano Montes, S., Vásquez Montúfar, G.H. 2009. Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L) en dos Localidades de la Provincia de los Ríos. Ciencia y Tecnología, 2:15–23.

Díaz Domínguez, K.E., Meza Gordillo, P.I., Caballero Roque, A., Vela Gutiérrez, G., León Gutiérrez, J.M., Bezares Sarmiento, V.R. 2011. Elaboración de producto con base en maíz (*Zea mays*) y Chipilín (*Crotalaria longirostrata*) para Fomentar el Consumo de Hojas Verdes en la Alimentación de Niños. Lacandonia, 5: 143–149.

Edogbanya, P.R.O. 2016. Comparative Study of the Proximate Composition of Edible Parts of *Adansonia digitata* L. Obtained from Zaria, Kaduna State, Nigeria. Journal of Biology, 1: 1–6.

Franco Quino C., Muñoz Espinoza D., Gómez Herreros C., Chau Miranda G., Cueva Piña L., Guardia Ortiz E, Saavedra Yucra S, Arroyo Acevedo J, Herrera Calderón O. 2016. Características fitoquímicas y capacidad antioxidante in vitro de Aloe vera, *Plukenetia volubilis*, *Caiophora carduiifolia*, *Cecropia membranacea*. Anales de la Facultad de Medicina, 77: 9–13.

Hañarqui-Quispe, R., Arroyo, J., Herrera-Calderón, O., Herrera-Morán, H. 2015. Efecto hepatoprotector del extracto hidroetanólico atomizado del maíz morado (*Zea mays* L.) en lesiones hepáticas inducidas en ratas. Anales de la Facultad de Medicina, 76:123–128.

Hernández-Martínez, V., Salinas-Moreno, Y., Ramírez-Díaz, J. L., Vázquez-Carrillo, G., Domínguez-López, A., Ramírez-Romero, G. 2016. Color, Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Blue tortillas from Mexican maize races. Journal of Food, 14: 473–481.

Jacobo, F. Q., Condorena, K. A., Gutiérrez, A. G. 2011. Características Morfológicas y Químicas de 3 Cultivares de Maíz Morado (*Zea mays* L.) en Arequipa-Perú. Revista Sociedad Química de Perú, 77: 205–217.

Jiménez-Juárez, J.A., Arámbula-Villa, G., De la Cruz-Lázaro, E., Aparicio-Trapala, M. A. 2015. Calidad nixtamalera y tortillera de maíces del trópico húmedo de México. □□□□□□ 9457: 1–7.

Jiménez-Juárez, J.A., Arámbula-Villa, G., De la Cruz-Lázaro, E., Aparicio-Trapala, M. A. 2012. Característica del Grano, Masa y Tortilla Producida con Diferentes Genotipos de Maíz del Tropicó Mexicano. Universidad y Ciencia, 28: 145–152.

Lawal, B., Ossai, P.C., Shittu, O.K., Abubakar, A.N. 2014. Evaluation of Phytochemicals, Proximate, Minerals and Anti-Nutritional Composition of Yam Peel, Maize Chaff and Bean Coat. International Journal of Applied Biological Research, 6: 21–37.

- Length, F. (2014). Chemical and nutritional value of maize and maize products obtained from selected markets in Kaduna. *African Journal of Food Science and Technology*, 5: 100–104.
- López P, P., Prieto G, F., Gaytan M, M., Román G, A.D. 2007. Caracterización Físicoquímica de Diferentes Variedades de Cebada Cultivadas en la Región Centro de México. *Revista Chilena de Nutrición*, 34: 71-77.
- Luna Jiménez, A. 2007. Composición y Procesamiento de la Soya para Consumo Humano. *Investigación y Ciencia*, 37: 35-44.
- Mengistu, S., Shimelis, A.E. 2012. Evaluation of the Physico-Chemical Properties of Ethiopian Maize Variety (BH-660) for Dextrose Production. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12: 6503–6516.
- Moreno, Y. S., Cuevas, F. A., Moncada, C. Y., Villarreal, J. A., Altunar, B., Sosa, E. 2013. Caracterización Física y Composición Química de Razas de Maíz de Grano Azul/Morado de las Regiones Tropicales y Subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36: 23–31.
- Ndukwe, O. K., Edeoga, O., Omosun, G. 2015. Varietal Differences in Some Nutritional Composition of Ten Maize (*Zea mays* L.) Varieties Grown in Nigeria. *International Journal of Academic Research and Reflection*, 3: 1–11.
- Okechukwu, P. C. U. 2014. Effect of Fermentation on Biochemical Properties of Maize (*Zea mays* L.). *World Applied Sciences Journal*, 31: 724–729.
- Oluwalana, I.B. 2014. Comparative Effects of Sprouting on Proximate, Mineral Composition and Functional Properties of White and Yellow Sweet Maize (*Zea mays* var *Saccharata*). *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 5: 111–115.
- Peña Nuñez B.R., Morejón Rodríguez Z., García Hernández A., Morón Rodríguez F. 2008. Estandarización y tamizaje fitoquímico de extractos de frutos de *Punica granatum* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13.
- Pérez, F., Chacón, Y., Torres, R., Gómez, D., Palma I., Acosta, J. 2012. Estudio del valor nutritivo de hojuelas de maíz bajo una perspectiva interdisciplinaria de las ciencias. *Química Viva*, 11: 129-143.
- Prieto García, F., Flardo Kerstup, S., Román Gutiérrez, A.D., Méndez Marzo, M.A., Pérez Cruz, E. 2008. Caracterización Físicoquímica de Semillas de *Opuntia* (*O. imbricata* sp y *O. matudae* sp) Cultivadas en el Estado de Hidalgo, México. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 27: 76-84.
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C.L., and Ceron, E. 2006. Potencial Nutricional de Harinas de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W) Variedad Piartal en los Andes Colombianos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 4: 112-125.
- Rosli, W. 2013. The ability of *Zea mays* ears (Young Corn) powder in enhancing nutritional composition and changing textural properties and sensory acceptability of yeast bread. *International Food Research Journal*, 20: 799–804.
- Salazar-Martínez, J., Guevara-Escobar, A., Malda-Barrera, G., Rivera-Figueroa, C.H., Salinas-Moreno, Y. 2009. Componentes de varianza de caracteres de maíz asociados al nixtamal. *Tecnociencia*, III: 74-83.
- Salinas-Moreno, Y., Aguilar-Modesto, L. 2010. Efecto de la Dureza de Grano de Maíz (*Zea mays* L.) sobre el Rendimiento y Calidad de la Tortilla. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 2: 5-11.
- Sánchez-Herrera M., Martínez-Cano, E., Maldonado-Santoyo, M., Aparicio-Fernández, X. 2014. Comparative study on the nutritional and antioxidant properties of two Mexican corn (*Zea mays*) based meals versus processed cereals. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64, 116–122.
- Sánchez, F. C., Salinas, M. Y., Vázquez, C. M. G., Velázquez, C. G. A., Aguilar, G. N. 2007. Efecto de las prolaminas del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre la textura de la tortilla. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57: 295–301.
- Ullah, I., Ali, M., Farooqi, A. 2010. Chemical and Nutritional Properties of Some Maize (*Zea mays* L.) Varieties Grown in NWFP, Pakistan. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9: 1113–1117.
- Vega Torres D., Pereira Cabrera S., Almeida Saavedra M., Morales Torres G. 2009. Tamizaje fitoquímico preliminar de los extractos alcohólico, etéreo y acuoso de las hojas, tallo y flores de la *Ixora coccinea* L. *Química Viva*, 8: 185-191.

---

## Elección del genotipo de trigo para su uso en sistemas de producción en relevo con algodón, maíz y sorgo

O. H. Moreno-Ramos, M. H. Herrera-Andrade\*, J. C. González-Núñez y R. A. Salazar-Gómez

*Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Block 611, Valle del Yaqui*

---

*Choosing wheat genotype to use in a relay production system with cotton, corn and sorghum*

### Abstract

The crop relay system pretends to match the society aids (increase yield and quality of food) with those of the agriculturist, who pretends to develop in a rational scenario to gain enough earnings to live properly and guarantee their permanence and prosperity at the agro business.

The development of the proper technology for the agro production implies several aspects like the contribution of wheat genotype to the productivity of the system.

Under this purpose was evaluated the effect of five wheat flour and five durum wheat genotypes in four production systems. On three of the systems was used the relay technique: wheat/cotton (RTA), wheat/corn (RTM) and wheat/sorghum (TT).

The results showed that the relay technique does not affect the production of wheat. The variety of wheat has an establishment and initial growing effect of the relay crop (cotton, wheat and sorghum). The three used crops were recovered, progressed and yielded properly. On this information was not found interaction between the wheat variety and the production system, that is why the genotype election is such as the traditional one. The relay system can give profits 21 times bigger than corn, 3.4 times bigger than cotton and almost nine times to the traditional sorghum. The net income at the best was 1770 dills/ha for RTA and RTS, and 191 dills/ha for RTM.

*Key words:* wheat *Triticum aestivum*, production systems, relay Intercropping systems, economical analysis.

### Resumen

Los sistemas de cultivos en relevo pretenden converger los objetivos de la sociedad (producir alimentos abundantes y de buena calidad) con los del agricultor, quien aspira a desempeñarse en un escenario racional, para obtener ganancias suficientes con el fin de sufragar su existencia con decoro, que le garanticen además su permanencia y prosperidad en el negocio agrícola.

El desarrollo de la tecnología óptima para la producción agrícola involucra varios aspectos, entre los que destaca la contribución del genotipo a la productividad del sistema. Con este propósito, se evaluó el efecto de cinco genotipos de trigo harinero y cinco de trigo duro, en cuatro sistemas de producción. Tres de los sistemas incluyeron la técnica de relevo: trigo por algodón (RTA), trigo por maíz (RTM) y trigo por sorgo (RTS); en el cuarto se utilizó como testigo el sistema de producción tradicional de trigo solo (TT).

Los resultados indicaron que la técnica de relevo no afecta la producción del trigo. La variedad de trigo tiene efecto en el establecimiento y crecimiento inicial del cultivo en relevo (algodón, maíz o sorgo). Los tres cultivos empleados en el relevo se recuperaron, progresaron y rindieron adecuadamente. En esta información no se encontró interacción entre la variedad de trigo y el sistema de producción, por lo que la elección del genotipo es semejante a la que se hace en forma tradicional.

Los sistemas de relevo pueden aportar una ganancia hasta 21 veces mayor que el maíz, 3.4 veces que el

---

\*Autores de correspondencia  
Email: hermelinda111@hotmail.com

algodonero y casi 9 veces la del sorgo tradicional. El ingreso neto en el mejor de los casos fue de 1770 dólares por ha<sup>-1</sup> para RTA y RTS y de 191 dólares por ha<sup>-1</sup> para RTM.

*Palabras claves:* trigo *Triticum aestivum*, sistemas de producción, sistemas de relevo, análisis económico.

## Introducción

El cultivo de relevos es una asociación muy interesante ya que mediante el arreglo cronológico se pretende minimizar su interacción, para lo cual la época de relevo debe de escogerse de tal manera que el primero de ellos esté en su etapa de baja demanda por factores de crecimiento (llenado de grano) y el segundo inicie su ciclo de vida. En las situaciones anteriormente mencionadas, la competencia por factores de crecimiento es mínima (Moreno-Ramos et al., 2015). En condiciones de agricultura empresarial, el uso de estos sistemas de producción ha estado limitado porque la mecanización es obligada y la siembra del cultivo en relevo es difícil o imposible con la maquinaria y el sistema de siembra convencional.

En el Noroeste de México, la agricultura es de tipo empresarial y Moreno-Ramos et al., 1995 afirman que, dados los ciclos de desarrollo de los cultivos, es posible llevar a cabo la técnica de relevo con el propósito de hacer coincidir los objetivos sociales (producir alimentos) con los del agricultor (ganar más y reducir el riesgo agronómico).

Durante 1979-80, en el sur de Sonora se llevó a cabo un trabajo en la secuencia trigo-soya, con el objetivo de lograr cuatro cultivos por año, en lugar de los dos convencionales. Para ello se usaron 2 cultivos de invierno (trigo-garbanzo), 2 de primavera (sorgo y algodonero), 2 de verano (soya y ajonjolí) y 2 de otoño (sorgo y maíz); se formó con ellos todas las secuencias posibles. Trigo y garbanzo (en invierno) se sembraron en surcos a 60 cm y en los casos donde se iba a realizar relevo, se sembraron a surco salteado, de manera que el algodonero o el sorgo (en primavera), se sembraron por el surco que quedaba sin plantar. La idea era cosechar el trigo y el garbanzo para sembrar ajonjolí o soya en el surco desocupado. Desafortunadamente, el sorgo y el algodonero resultaron muy agresivos y no fue posible establecer el cultivo de verano. Sin embargo, el primer paso estaba dado y de esta manera nació el relevo de trigo por algodonero y por sorgo, en el sur de Sonora (Moreno-Ramos et al., 1997).

Agricultores de Iowa utilizaron el relevo de trigo por soya y los resultados fueron de 3700 a 4400 kg por ha<sup>-1</sup> de trigo y 2200 a 2900 ton por ha<sup>-1</sup> de soya por lo que tal sistema se empezó a evaluar (Prochaska, 2004 y Marking, 1985). Bechard citado por Ehmke y Barnes (1985), relevaron trigo y avena con soya y los resultados fueron: 3360, 5383, 1954 y 740 kg por ha<sup>-1</sup> de trigo, avena, soya (con trigo) y soya (con avena) respectivamente. Mencionaron los autores la posibilidad de usar cebada en lugar de trigo o avena, por ser más precoz que éstos, lo que daría cierta elasticidad en el sistema. Sin embargo, la cebada presentaba una mayor cantidad de problemas agronómicos y de manejo del sistema, que habrían de resolverse en poco tiempo (Moreno-Ramos et al., 2015).

El sistema fue rediseñado y se siguió evaluando los últimos diez ciclos agrícolas con resultados bastante atractivos (Moreno-Ramos et al., 1997), como se evidencia en la tabla 1. Las diferencias en los cuatro cultivos entre los dos sistemas de producción fueron pequeñas y estadísticamente no significativas al 5% de P[E(I)], por lo que se afirma que los cuatro cultivos pueden aportar rendimientos semejantes bajo los sistemas de relevo y el tradicional.

**Tabla 1. Prueba de t para las diferencias en la producción entre el sistema tradicional y de relevo (promedio de 10 años) para cada cultivo**

Estimador	Diferencias medias en producción tradicional-relevo (kg por ha <sup>-1</sup> )				
	Trigo	Algodón	Maíz	Sorgo	General
Media $\bar{y}_d$	-59	63	82	39	31
Varianza $S_d^2$	13701	6108	13791	24244	16269
DEMedia $S_d$	39.02	27.63	39.14	51.90	21.26
t Calc	-1.52	2.29	2.09	0.76	1.47
t Tab 0.05	2.31	2.31	2.31	2.31	2.03
t Tab 0.01	3.36	3.36	3.36	3.36	2.72

t Calc = t calculada

t Tab 0.05 y 0.01 = t de las tablas o teórica al 5 y al 1% de probabilidad de cometer error tipo I

El relevo de cultivos de invierno con algodonero conserva y permite la abundancia de depredadores de los áfidos del algodón (*Aphis gossypii* Glover).

Los resultados 1992-1994 en Texas indicaron que este efecto fue mayor cuando el primer cultivo fue canola (Phoofolo *et al.*, 2010). La abundancia de áfidos fue menor en los cultivos de relevo; lo que sugiere que, si se pretende conducir el algodón sin aplicar insecticidas, esta técnica podría contribuir a reducir su número y retrasar el incremento de la población de áfidos del algodón (Parajulee *et al.*, 1997).

En China, el relevo de trigo por algodón (Zhang, 2007) se realiza en grandes áreas. Con respecto a la eficiencia del nitrógeno, en promedio, el contenido de éste elemento por unidad de área fue menor en relevo (110 a 127 kg por ha<sup>-1</sup>), aunque la producción de biomasa fue inferior. La absorción de nitrógeno decreció durante la fase de asociación, pero se recuperó posteriormente, por lo que su eficiencia fisiológica no se modificó. El rendimiento relativo varió de 1.4 a 1.7, mientras que la eficiencia relativa total varió de 1.3 a 1.4, lo que indica que el relevo utiliza más nitrógeno por unidad de producción (Zhang, *et al.*, 2008).

Moreno-Ramos *et al.*, 2015 afirman que al relevar trigo con sorgo la estructura de la planta de trigo (la altura, la forma de la hoja y la capacidad para producir macollos) modifican el comportamiento de las plantas de sorgo, cuyo efecto competitivo se manifiesta retardando sus eventos fenológicos. En condiciones del trabajo, el rendimiento del trigo fue de 7032, 6645 y 6560 kg de grano por ha<sup>-1</sup> para las variedades Júpate, Borlaug y CMH98542 respectivamente. Las variedades de sorgo más atractivas para el sistema fueron en orden de importancia: BR57, DK50 y Zafiro, con rendimientos de 7052, 7051 y 6949 kg de grano por ha<sup>-1</sup> respectivamente. Desde el punto de vista de su rentabilidad, la combinación formada por Júpate (trigo) y Dekalb BR57 (sorgo) fue la más atractiva, con ganancia neta de 947 dólares por ha<sup>-1</sup>.

El objetivo de este trabajo fue seleccionar el genotipo de trigo apropiado para los sistemas de producción de trigo en relevo con algodón, maíz y sorgo. En consecuencia, la hipótesis propone la existencia de interacción entre los genotipos de trigo y el sistema de producción. De manera central se supone que: 1. Los genotipos de ambos cultivos representan adecuadamente la variabilidad pertinente a los sistemas de producción involucrados en el trabajo. 2. El tipo de suelo es representativo del correspondiente al área de los suelos de barrial en el sur de Sonora

(Verticxerofluvert) (Moreno-Ramos *et al.*, 2014) y 3. La tecnología de producción empleada en el manejo agronómico es la apropiada a los sistemas de producción involucrados.

### Materiales y método

Para definir el genotipo de trigo apropiado para estos sistemas de producción se llevaron a cabo cuatro experimentos en serie, que consistieron en relevar 5 variedades de trigo duro (Altar, CIRNO, Júpate, Aconchi y Rafi) y 5 variedades de trigo harinero (Villa Juárez, Borlaug, Ónavas y Tepahui) con algodón, maíz y sorgo. Adicionalmente se realizó un experimento en el cual se manejaron los cultivos por separado.

El diseño experimental fue de cuatro experimentos en serie (trigo tradicional [TT], relevo trigo-almidón [RTA], relevo trigo-maíz [RTM] y relevo trigo-sorgo [RTS]). Cada uno consistió de 10 variedades, que se presentan en la Tabla 1. El diseño de cada experimento fue bloques al azar, con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue de cuatro surcos de 1 m de ancho por 5 m de largo, para cosechar los dos centrales. Todo el lote se fertilizó cuando se sembró el trigo, con 150 y 40 kg de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup> respectivamente, y al primer riego del cultivo en relevo (una vez cosechado el trigo), con 250 kg de N por ha<sup>-1</sup> respectivamente. Las variedades del cultivo en relevo y/o segundos cultivos fueron: algodón DP-912, Maíz V-455 y Sorgo Dekalb BR57.

El experimento se ubicó en la manzana 611, en el Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui; el trigo se sembró el 18 de noviembre de 2012 en surcos a metro, con dos hileras a 40 cm en el lomo y los segundos cultivos se establecieron con el último riego del trigo, el 10 de marzo de 2013 (113 días después de la siembra).

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el estudio, promedio de cuatro repeticiones, se presentan en la tabla 2. Para todos los sistemas de producción la variedad de trigo con menor rendimiento fue Tacupeto en relevo con algodón, con 6456 kg de grano por ha<sup>-1</sup>; la mayor producción de grano se logró con dos variedades: CIRNO y Júpare en el sistema Tradicional (TT) con 7429 y 7421 kg de grano por ha<sup>-1</sup>. Para los experimentos en relevo, en promedio, el rendimiento de grano de trigo resultó 76 kg por ha<sup>-1</sup> menor que la media del sistema convencional, diferencia que no fue estadísticamente significativa. Aun cuando las diferencias entre variedades son matemáticamente ciertas, es claro que se comportan de la misma manera al cambiar el sistema de

producción, lo que implica que, al menos en el grupo de los genotipos empleados, no existe preferencia por alguno de ellos para su uso en el relevo, lo que significa que para la elección usará los mismos criterios que los correspondientes a la siembra tradicional, lo que no da apoyo a la hipótesis planteada.

Para las 10 variedades de trigo utilizadas en el trabajo (Tabla 2) el rendimiento promedio en los sistemas de relevo varió de 7025 a 6905 kg de trigo por ha<sup>-1</sup> en RTS y RTA respectivamente. Esta diferencia de 120 kg no fue estadísticamente significativa, de acuerdo con el análisis de la varianza, llevado a cabo con la información para trigo (Tabla 3 y Figura 1). Para los tres sistemas de relevo, el rendimiento promedio del trigo fue de 6953 kg por ha<sup>-1</sup>, semejantes al sistema tradicional

**Tabla 2. Rendimientos (kg por ha<sup>-1</sup>) de los tres sistemas de relevo en comparación con los de forma tradicional, para los cultivos involucrados.**

Variedad	Tipo	Trigo relevado por			Media Relevo	Trigo Tradic	Segundos cultivos		
		Algodón	Maíz	Sorgo			Algodón	Maíz	Sorgo
Altar	D1	7207	6959	6944	7004	6900	4040	4189	6116
CIRNO	D2	7321	7210	7103	7211	7429	3844	4110	5427
Júpare	D3	7248	7090	7306	7215	7421	3975	4025	6197
Aconchi	D4	7092	7133	7123	7049	7122	3871	4227	6013
Rafi	D5	7002	7176	7233	7104	7168	3936	4261	6205
V. Juárez	H1	6613	6714	7060	6796	6591	4133	3902	5573
Borlaug	H2	6844	6902	7048	6998	7096	3913	4036	6026
Ónavas	H3	6714	6930	6815	6819	7021	3970	4138	5751
Tepahui	H4	6737	6815	6890	6880	7046	4039	4631	5848
Tacupeto	H5	6274	6367	6728	6456	6497	3846	4286	6091
Media	D	7174	7114	7142	7116	7208	3933	4162	5992
Media	H	6636	6745	6908	6790	6850	3980	4199	5858
Media general		6905	6929	7025	6953	7029	3957	4181	5925
C M E		138073	181286	136934	152098	167613	225307	283581	316386
F Calculada		10.88	6.82	17.95	11.883	11.06	1.42	1.23	1.52
C V %		6.01	6.87	5.74	6.2067	5.17	11.3	14.62	11.9
DMS(0.05)		519.2	596.2	518.1	544.5	561	498	560	730
Rto. tradicional						7029	4150	4806	6038

D1 a D5 = Trigo Duro 1 a Duro 5, H1 a H5 = Trigo Harinero 1 a Harinero 5,  
 CME = Cuadrado Medio del error, CV = Coeficiente de variación  
 DMS= Diferencia mínima significativa

de 7029 kg por ha<sup>-1</sup>. Estos resultados, son congruentes a los indicados por el autor en diferentes publicaciones. En definitiva, la técnica de relevo no afecta la producción de trigo, lo que se explica por el hecho de que el intercalado del segundo cultivo se lleva a cabo cuando el trigo prácticamente completó su ciclo de desarrollo y por ende sus necesidades por nutrientes y otros factores de crecimiento son bajas, que es la hipótesis general que se plantea en estos sistemas de producción. Aparentemente, la forma en que se lleva a cabo este intercalado en relevo no ocasiona daño físico y el efecto de competencia esperado es prácticamente nulo, como lo indican los resultados obtenidos no publicados por Moreno de 2002-2010, presentados en la Tabla 1. Debe destacarse que los resultados que se presentan difieren de los

encontrados en otras latitudes, donde se da una reducción en la producción de ambos cultivos que participan en este tipo de asociación; lo que quizá pueda explicarse en base a los arreglos topológico y cronológico del sistema de producción en relevo.

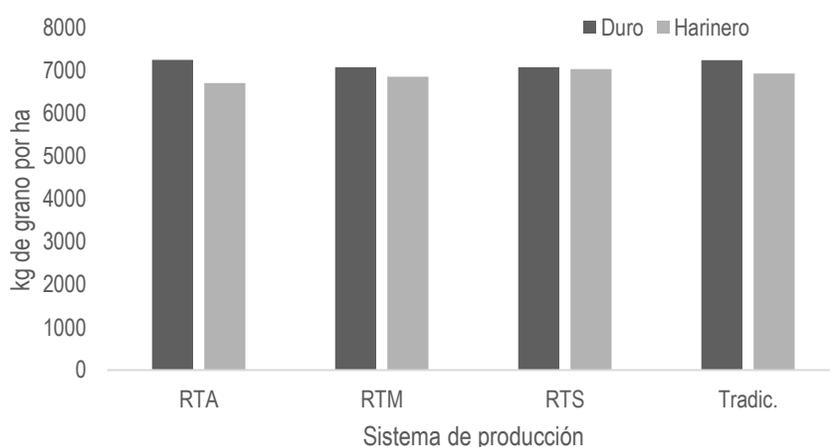
Aun cuando en los datos presentados en la tabla 2 hay en apariencia un comportamiento diferente de las variedades de trigo al cambiar el sistema de producción, el análisis de la varianza (Tabla 3) indicó que dicho comportamiento es aleatorio. Las variedades de alto rendimiento en el sistema tradicional, también lo serán en el sistema de relevo. Así, por ejemplo, los trigos duros en este experimento rindieron ligeramente más (375 kg por ha<sup>-1</sup>) que los harineros, lo que es una situación frecuente en el noroeste de México. Esta diferencia fue estadísticamente significativa al 1% de P[E(I)],

**Tabla 3. Análisis combinado de la varianza para el cultivo del trigo en los cuatro sistemas de producción**

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft		P[F]
					0.05	0.01	
Repeticiones	3	889068	296356.00	2.200	3.863	6.992	0.157663
Sistemas	3	1405496	468498.67	3.478	3.863	6.992	0.063722
Error (a)	9	2339655	259961.67				
Variedades	9	9898855	1099872.78	8.165	1.862	2.385	5.69E-19
S*V	27	2264688	83877.33	0.623	1.525	1.525	8.07E-01
Error (b)	132	17781378	134707.41				
Total	159	34579140					

GL= Grados de libertad, SC= Sumas de cuadrados, CM= cuadrados medios,

Fc= Frecuencia calculada, Ft= Frecuencia tabulada, S\*V= Sistemas por variedades, P[F]= Probabilidad de F



RTA= Relevo trigo-algodón, RTM= Relevo trigo-maíz, RTS= Relevo trigo-sorgo

**Figura 1. Rendimiento en grano de trigo promedio de 10 variedades en los cuatro sistemas de producción estudiados**

sin embargo, de acuerdo con este análisis de varianza, la interacción entre la variedad y el sistema de producción no resultó significativa (Figura 1 y Tabla 3).

Una vez cosechado el trigo, se procedió a calificar el vigor y la cantidad de plantas (Tabla 4). La información parece indicar que en las etapas iniciales de desarrollo, las plantas de los cultivos involucrados fueron afectadas drásticamente por el tipo de variedad de trigo usada. En apariencia, el índice se modifica con la altura y la precocidad del genotipo de trigo, lo que resulta en que los más altos índices se lograron con los genotipos como Borlaug, cuya planta es enana tipo E3 (70-80 cm) y de ciclo vegetativo intermedio y con Aconchi, que fue precoz y de altura intermedia (80-85 cm). El resto de los genotipos tiene comportamiento intermedio

3936, 4,261 y 6205 kg por ha<sup>-1</sup> de algodón, maíz y sorgo respectivamente en relevo con trigo. Lo anterior contradice la apreciación visual, ya que la apariencia del cultivo en la etapa inicial fue la tercera más mala; el resto fue muy cercano al promedio. Este mismo hecho se presentó con el rendimiento de maíz en relevo con variedad Júpare, donde fue sorprendente la recuperación del cultivo en relevo con esta variedad, pues se observó un establecimiento deficiente pero con rendimientos cercanos al promedio.

Los rendimientos promedio (Tabla 2) en relevo fueron de 3957, 4025 y 6197 kg por ha<sup>-1</sup> de algodón, maíz y sorgo respectivamente; resultados muy parecidos a los obtenidos bajo la técnica tradicional con 4150, 4806 y 6038 kg por ha<sup>-1</sup> para algodón, maíz y sorgo respectivamente, a excepción

**Tabla 4. Evaluación visual del vigor de las plántulas de los cultivos en relevo después de la cosecha del trigo**

Variedad	Tipo	Código	Altura	Floración	Algodón	Maíz	Sorgo	Promedio
Altar	Duro	D1	88	85	5.2	4.4	5.2	4.9
CIRNO	Duro	D2	84	83	5.6	7.2	6.0	6.3
Jupare	Duro	D3	94	87	4.8	3.2	4.8	4.3
Aconchi	Duro	D4	80	82	7.2	7.6	6.8	7.2
Rafi	Duro	D5	92	84	4.4	4.0	4.0	4.1
Villa Juárez	Harinero	H1	92	85	6.8	6.6	7.2	6.9
Borlaug	Harinero	H2	78	84	6.5	6.2	6.2	6.3
Ónavas	Harinero	H3	95	84	5.2	5.2	5.6	5.3
Tepahui	Harinero	H4	92	83	5.2	4.4	4.4	4.7
Tacupeto	Harinero	H5	97	83	5.6	4.8	6.4	5.6
Media Duros			88	84	5.4	5.3	5.4	5.4
Media Harineros			89	84	5.9	5.4	6.0	5.8
Media General			88	84	5.7	5.4	5.7	5.6
Correlación con			Altura		-0.78	-0.77	-0.61	-0.77
Correlación con			Flor		-0.38	-0.59	-0.27	-0.46

debido a que su fenotipo también lo es. Ésta información se refiere exclusivamente a la calificación visual en etapas iniciales y no es indicador de su comportamiento y rendimiento posterior.

Como puede observarse en la Tabla 2, los rendimientos de los segundos cultivos no se modificaron por efecto de la variedad de trigo. Las diferencias observadas fueron pequeñas; sólo destacó el rendimiento de algodón bajo relevo en la variedad Rafi, donde la calificación visual fue relativamente baja (4.4, 4.0 y 4.0, tabla 4) y que en teoría debería asociarse con bajos rendimientos de los segundos cultivos, pero no fue así. Como puede constatar en la Tabla 2, el rendimiento de trigo en relevo con algodón, maíz y sorgo para ésta variedad fue de 7002, 7176 y 7233 kg de trigo por ha<sup>-1</sup> y de

del maíz que rindió 781 kg por ha<sup>-1</sup>, bajo la técnica de relevo

Se encontró alta correlación entre la altura de las plantas de trigo y la calificación visual del establecimiento de las plantas de los segundos cultivos en la asociación en relevo, como puede observarse en la Tabla 4. Esta correlación es negativa, lo que implica que mientras mayor sea la altura de la planta de trigo, menor será el índice de establecimiento, lo que da apoyo a la hipótesis planteada.

#### Análisis económico

Para el análisis económico se consideró las relaciones entre los precios y los productos que se presentan en la Tabla 5. Con esta lista de precios, se procedió a calcular el ingreso neto atribuible a cada

integrante del sistema de producción, en base a la siguiente fórmula (1):

$$INS = (RT * PT) + (RC2 * PC2) - CPT - CPC2 - RT \quad (1)$$

Donde:

INS = Ingreso Neto del Sistema

RT = Rendimiento Trigo

PT = Precio trigo

RC2 = Rendimiento segundo cultivo en relevo

PC2 = Precio segundo cultivo en relevo

CPT = Costo producción trigo

CPC2 = Costo producción segundo cultivo en relevo

RT = Renta de la tierra

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6 y como se puede observar, los sistemas de relevo trigo con algodón, maíz y sorgo aportaron ingresos netos promedio de 1601, 115 y 1572 dólares por ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los ingresos netos fueron de 430, 152 y 186 dólares por ha<sup>-1</sup> para los mismos cultivos en forma tradicional y el ingreso neto para el cultivo de trigo fue de 222 dólares por ha<sup>-1</sup>. Al respecto, pocos agricultores usan la alternativa de

maíz de verano y sus rendimientos comerciales son entre cinco y seis toneladas por ha<sup>-1</sup>, con lo que su rentabilidad (232 dólares por ha<sup>-1</sup>) es un poco más atractiva, pero aún baja.

Como puede observarse en la figura 2, el ingreso neto por sistema de producción, fue diferente por variedad, puesto que los trigos duros tuvieron un mayor rendimiento que los harineros, diferencia que aporta alrededor de 200 dólares por ha<sup>-1</sup> adicionales. En lo que se refiere a sistemas de producción, puede observarse que los sistemas de relevo de trigo por algodón y sorgo aportaron ganancias similares (cercasas a los 1580 dólares por ha<sup>-1</sup>); mientras que la ganancia lograda en el sistema de relevo trigo con maíz fue muy baja (115 dólares en promedio) incluso menor que las correspondientes a los sistemas tradicionales de producción.

Puesto que el riesgo agronómico en el cultivo del algodón es casi cuatro veces el correspondiente al sorgo y que su ganancia esperada es casi la misma, el sistema de producción más pertinente, para las condiciones del noroeste de México aparentemente es el relevo de trigo por sorgo. Las

**Tabla 5. Supuestos en el análisis económico en USA dólares**

Cultivo	Precio del producto*	Costo del cultivo**		Renta tierra	Rt	Int
		Tradicional	Relevo			
Trigo	320	1314	1338	670	6.998	255
Algodón	789	2139	2131	670	4.15	465
Maíz	289	1314	1084	670	4.806	75
Sorgo	245	858	630	670	6.038	179

Rt= Rendimiento tradicional, Int= Ingreso neto tradicional

1 dólar =15 pesos

\* Incluye apoyos a la comercialización

\*\* Fuente: SAGARPA , 2012

**Tabla 6. Ingreso neto para 12 variedades de trigo en 4 sistemas de producción**

Variedad	Tipo	Trigo relevado por			Media relevo	Trigo solo
		Algodón	Maíz	Sorgo		
Altar	Duro	1770	127	1642	1180	180
CIRNO	Duro	1638	188	1730	1185	349
Jupare	Duro	1727	130	1771	1209	347
Aconchi	Duro	1659	-20	1489	1043	81
Rafi	Duro	1544	72	1559	1059	243
Villa Juárez	Harinero	1552	105	1443	1033	219
Borlaug	Harinero	1618	185	1475	1093	227
Ónavas	Harinero	1588	191	1663	1147	251
Tepahui	Harinero	1304	-40	1275	846	51
Tacupeto	Harinero	1615	213	1669	1166	266
Media	Duro	1684	157	1695	1179	279
Media	Harinero	1517	64	1448	1010	164
Media	Media	1601	115	1572	1095	222
Ingreso C. Tradicional		430	152	186		

variedades de trigo duro son las más adecuadas, en función de su rendimiento y precio del producto en el mercado.

Con respecto a los índices de eficiencia en el uso de los recursos, se observa en la tabla 7 que el relevo de trigo por maíz no es una alternativa viable en el sur de Sonora, porque su ingreso relativo es muy bajo, incluso el 20% del que corresponde al algodón tradicional y en el mejor de los casos solo 50% por encima de los que corresponden al cultivo tradicional de maíz. Esto se debe a que los

adopción, es el relevo trigo-sorgo el que tiene una mayor posibilidad.

### Conclusiones

El genotipo de trigo puede afectar el establecimiento y desarrollo inicial del cultivo en relevo con éste; sin embargo, tal hecho no se manifestó en el desarrollo posterior y producción de estos cultivos.

Aun cuando la mejor opción parece ser genotipos

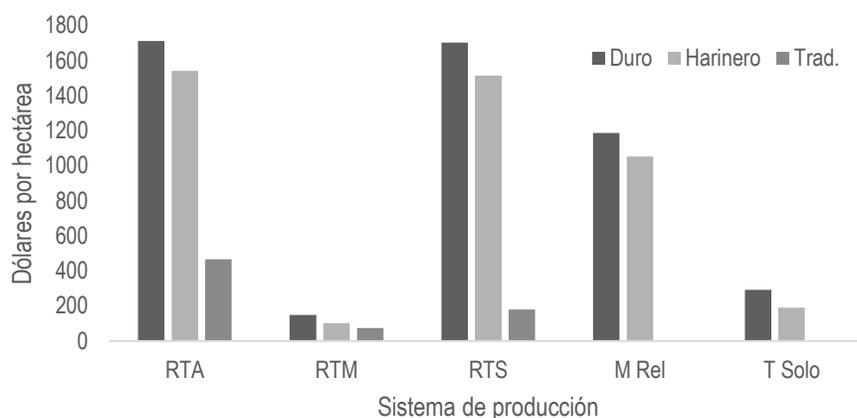


Figura 2. Ingreso neto para cada tipo de variedad en cuatro sistemas de producción

Tabla 7. Ingreso relativo de los sistemas de relevo con respecto a los cultivos tradicionales.

Sistema de producción	Ingreso relativo Relevo-Tradicional		
	Algodón	Maíz	Sorgo
RTA	3.4	21.3	8.9
RTM	0.2	1.5	0.6
RTS	2.4	21.0	8.8
Media	2.4	14.6	6.1

RTA= Relevo trigo-algodón, RTM= Relevo trigo-maíz, RTS= Relevo trigo-sorgo

rendimientos del maíz en primavera son muy bajos porque no se dispone de germoplasma adaptado a las condiciones de la región.

Los otros dos relevos aportaron índices de eficiencia semejantes en relación al cultivo tradicional de algodonerero (3.4 y 2.4) y maíz (21.3 y 21.0). Con respecto al sorgo, los índices fueron aceptables (8.9 y 8.8), aunque más altos que los de algodonerero tradicional; esto se debe a que el precio del sorgo es relativamente bajo. Sin embargo, dada su factibilidad en lo que se refiere a la posibilidad de

precoces y de porte enano, la información aquí presentada no aporta evidencias en este sentido.

Aparentemente el relevo más rentable, es de trigo con algodonerero; el más simple y factible, es el de trigo con sorgo.

La ganancia aportada por los sistemas de relevo puede ser ocho veces la aportada por el sistema tradicional para producir trigo, o también cuatro veces la correspondiente al cultivo del algodonerero.

La elección del genotipo de trigo en este trabajo no está afectada por el sistema de producción, por lo

que se escoge, aquella con mayor rendimiento en el sistema tradicional.

## Referencias

- Ehmke, V. y Barnes, H. 1985. Wheat may be dethroned as double cropping. *Soybean digest*, 45: 68-69.
- Marking, S. 1985. Intercropping: Farmer's plants beans between the wheat. *Soybean digest*, 45: 84-86.
- Moreno-Ramos O. H., Herrera-Andrade M. H., González Núñez J. C. y Cruz- Medina I. R. 2015. Interacción entre variedades de sorgo y trigo en la producción del sistema de relevo trigo por sorgo. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 11: 87-94.
- Moreno-Ramos, O. H., Herrera-Andrade, M. H., Cruz-Medina, I. R. y Turrent-Fernández, A., 2014. Estudio de la tecnología de producción de trigo por agrosistema, para señalar necesidades de información. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 1351-1363
- Moreno-Ramos, O. H., Salazar-Gómez, J. M., Carrillo-Méndez L. E., Cano-Ávila M. de J., Duarte-Ramírez J. J., Morales-Cuen A. y Sayre, K. D., 1997. El relevo de trigo por sorgo: una estrategia para integrar actividades agrícolas y pecuarias. Folleto Técnico N° 31
- Moreno-Ramos, O. H., Salazar-Gómez, J. M., Cano-Ávila, M. J., Duarte-Ramírez, J. J. y Camacho-Casas, M. A. 1995. Los sistemas de cultivos en relevo, su uso en la agricultura empresarial del noroeste de México. Folleto Técnico No. 25.
- Parajulee, M. N., Montandon, R. y Slosser, J. E. 1997. Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Texas cotton. *International Journal of Pest Management*, 43: 227-232.
- Phoofolo, M. W, Giles, K. L. y Elliot N. C. 2010. Effects of relay-intercropping sorghum with winter wheat, alfalfa, and cotton on lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) abundance and species composition. *Environmental Entomology*, 39: 763 - 774
- Prochaska, S. C. 2004. Modified relay intercropping. *Horticulture and Crop Science*, AGF-504-01: 1-5
- Zhang, L. 2007. La productividad y el uso de recursos en el algodón y el trigo intercalado en relevo. Tesis de Ph D. Universidad de Wageningen, Wageningen, Países Bajos, 198 pp.
- Zhang, L. J., Spiertz, H. J., Zhang, S., Li, B. y Van Der Werf, W. 2008. Nitrogen economy in relay intercropping systems of wheat and cotton. *Plant and soil*. 303: 55-68..

---

# *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*®

Una revista multidisciplinar para el conocimiento científico de los recursos naturales en Latinoamérica

---

## **Información de la revista**

La *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*® publica semestralmente contribuciones originales en cualquier campo relacionado con el conocimiento científico, la tecnología, la gestión y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de Latinoamérica. La *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* publica tanto estudios multidisciplinarios como artículos monodisciplinarios que son de interés para cualquier disciplina relacionada con los recursos naturales.

MÁS INFORMACIÓN EN: <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Paginas/informacion2.aspx>

## **Información para suscriptores**

El precio de suscripción a la *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*® es anual e incluye 1 volumen con dos números semestrales:

\$30 USD para todos los países Latinoamericanos \$40 USD para el resto (En México se permite el equivalente en Pesos Mexicanos).

### Por carta a:

A/A Dr. Fernando Lares Villa  
Revista Latinoamericana de Recursos Naturales  
Dirección de Recursos Naturales  
Instituto Tecnológico de Sonora  
5 de Febrero 818 Sur, Colonia Centro  
Ciudad Obregón, Sonora, CP: 85000  
MEXICO

### Por fax a:

0052-644-4100910

*Por e-mail* (adjunte un fichero con una copia escaneada con resolución mínima de 300x300)  
[RevLatAmeRecNat@itson.edu.mx](mailto:RevLatAmeRecNat@itson.edu.mx)

## **Información para autores**

La *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*® publica trabajos originales en cualquier campo relacionado con el agua, el suelo, las plantas y los recursos agropecuarios. En particular, se reciben trabajos de los ámbitos de la Hidrología, Meteorología, Biología, Biotecnología, Ecología, Geología, Microbiología, Edafología, Geomorfología, Agrobiología, Química y Recursos Agropecuarios, con énfasis en la ciencia básica, la aplicada y la generación de tecnología. Igualmente, será bienvenido cualquier estudio que verse sobre la gestión de cualquier recurso natural con énfasis en la conservación de los ecosistemas y el desarrollo sostenible de la sociedad. Los estudios de revisión de algún tema deben ser concertados primero con los editores, enviando un breve índice de los principales puntos a tratar. Más información/sugerencias/comentarios: [RevLatAmeRecNat@itson.edu.mx](mailto:RevLatAmeRecNat@itson.edu.mx)

CONSULTE LA GUÍA DETALLADA EN: <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Paginas/guia.aspx>

---

**Contenido**  
**Volumen 12, Número 2**

---

**Consejo Editorial**

**Prefacio**

---

<b>Enterobacterias y su resistencia antimicrobiana en el caimán blanco (<i>Caiman crocodilus</i>) de vida libre en el río Madre de Dios, Tambopata-Perú / (<i>Enterobacteriaceae and their antimicrobial resistance in the free-living white caiman (Caiman crocodilus) on the Madre de Dios River, Tambopata, Peru</i>)</b> N. Carlos-Erazo, Y. Nuñez del Prado-Reyes, V. H. Gonzales-Ore y C. Capuñay-Becerra .....	53
<b>Efectos del fuego en algunas características de suelos de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba / (<i>Effect of the fire in the characteristics of soil of pinegroves, Macurije, Pinar del Río, Cuba</i>)</b> L. Valdes, L.W. Martínez, M. Bonilla y I. Castillo .....	60
<b>Reducción de cromo hexavalente y degradación de rojo de metilo por bacterias aisladas de sedimentos del Lago de Chapala, México / (<i>Hexavalent chromium reduction and methyl red degradation by sediment isolated bacteria from the Chapala Lake, México</i>)</b> C.C. Hernández-Peña, F. Lares-Villa, S. De los Santos-Villalobos, M.I. Estrada-Alvarado, M.C. Artiaga-Luna, E. Flores-Tavizón, S. Saúl-Solis, M. Domínguez-Acosta y M.Y. Soto-Padilla .....	66
<b>Análisis Proximal y Fitoquímico de Cinco Variedades de Maíz del Estado de Campeche (México) / (<i>Proximal and Phytochemical Analysis of Five Maize Varieties from Campeche (Mexico)</i>)</b> R.M.J. Mex-Álvarez*, P.M. Garma-Quen, N.J. Bolívar-Fernández y M.M. Guillén-Morales .....	74
<b>Elección del genotipo de trigo para su uso en sistemas de producción en relevo con algodón, maíz y sorgo / (<i>Choosing wheat genotype to use in a relay production system with cotton, corn and sorghum</i>)</b> O. H. Moreno-Ramos, M. H. Herrera-Andrade, J. C. González-Núñez y R. A. Salazar-Gómez .....	81