

# TECNOLOGÍA CIENCIA

## Chihuahua

Revista de ciencia, tecnología y humanidades  
Universidad Autónoma de Chihuahua



Cactáceas endémicas y raras del Estado de Chihuahua, México



Estrategia y educación superior



Uso de plantaciones de numularia (*Atriplex nummularia*) bajo riego y fertilización, como banco de proteína para el sistema vaca cría



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
**CHIHUAHUA**

M.C. JESÚS ENRIQUE SÉAÑEZ SÁENZ  
*Rector*

M.D. SAÚL ARNULFO MARTÍNEZ CAMPOS  
*Secretario General*

LIC. SERGIO REAZA ESCÁRCEGA  
*Director de Extensión y Difusión Cultural*

DR. ROSENDO MARIO MALDONADO ESTRADA  
*Director de Planeación y Desarrollo Institucional*

DR. ALEJANDRO CHÁVEZ GUERRERO  
*Director Académico*

M.C. JAVIER MARTÍNEZ NEVÁREZ  
*Director de Investigación y Posgrado*

M.A.R.H. HORACIO JURADO MEDINA  
*Director Administrativo*

**TECNOCIENCIA**  
Chihuahua

**Comité Editorial Interno**

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA  
*Editor en Jefe*

**Editores asociados**

DRA. ALMA DELIA ALARCÓN ROJO  
DRA. ANA CECILIA GONZÁLEZ FRANCO  
DR. OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS

DR. JUAN OLLIVIER FIERRO  
DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ  
DR. JAVIER TARANGO ORTIZ

DRA. LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE  
DR. LUIS CÉSAR SANTIESTEBAN BACA  
DRA. MARÍA DE LOURDES VILLALBA

**Consejo Editorial Internacional**

DR. GUILLERMO FUENTES DÁVILA  
*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ  
*Colegio de Posgraduados, México*

DR. JOHN G. MEXAL  
*New Mexico State University, Estados Unidos de América*

DR. ULISES DE JESÚS GALLARDO PÉREZ  
*Instituto de Angiología y Cirugía Vasculat, La Habana, Cuba*

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

DRA. ELIZABETH CARVAJAL MILLÁN  
*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., México*

DR. ALBERTO J. SÁNCHEZ MARTÍNEZ  
*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México*

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ  
*Instituto Politécnico Nacional, México*

DR. LUIS FERNANDO PLENGE TELLECHEA  
*Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México*

DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS  
*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

DRA. ANGELA BEESLEY  
*University of Manchester, Reino Unido*

DR. LUIS ALBERTO MONTERO CABRERA  
*Universidad de La Habana, Cuba*

DR. RICARD GARCÍA VALLS  
*Universitat Rovira I Virgili, España*

DR. LUIZ CLOVIS BELARMINO  
*Faculdade Atlantico Sul, Brasil*

M.S.I. IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA  
*Coordinador editorial*

L.S.C.A. MARTHA IVETTE ACOSTA CHÁVEZ  
*Asistente editorial y Diseño*

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen V, Número 1, Enero-Abril 2011. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. Número de Reserva al Título en Derecho de Autor: 04-2007-0326610180900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13868. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11441. Clave de registro postal PP08-0010. Domicilio de la publicación: Edificio de la Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario I, C.P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Oficina responsable de la circulación: Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I, C.P. 31170. Imprenta: Impresora Standar, Ernesto Talavera No. 1207, Teléfono 416-7845, Chihuahua, Chih. Tiraje: 1,000 ejemplares.

Precio por ejemplar en Chihuahua: \$ 60.00 Costo de la suscripción anual: México, \$ 200 (pesos); EUA y América Latina, \$ 35 (dólares); Europa y otros continentes, \$ 40 (dólares). La responsabilidad del contenido de los artículos firmados es de sus autores y colaboradores. Puede reproducirse total o parcialmente cada artículo citando la fuente y cuando no sea con fines de lucro.

Teléfono: (614) 439-1500 (extensión 2213); fax: (614) 439-1500 (extensión 2209), e-mail: tecnociencia.chihuahua@uach.mx  
Página web: <http://tecnociencia.uach.mx>

## Contenido

Definición de la revista I

Editorial II

### El científico frente a la sociedad

El papel de los antimicrobianos en la estructura de las comunidades microbianas en la naturaleza

*Oskar Alejandro Palacios-López  
María Olga González-Rangel  
Blanca Estela Rivera-Chavira  
Guadalupe Virginia Nevárez-Moorillón*

1

### Alimentos

Uso de plantaciones de *Numularia (Atriplex nummularia)* bajo riego y fertilización como banco de proteína para el sistema vaca cría

*Rubén A. Saucedo-Terán  
Esteban Gutiérrez-Ronquillo  
Héctor O. Rubio-Arias  
Rey M. Quintana-Martínez  
Pedro Jurado-Guerra*

9

### Ingeniería y tecnología

Synthesis of an unconventional cationic surfactant precursor

*Karla Lizette Tovar-Carrillo  
Rosa Alicia Saucedo-Acuña  
Alejandro Martínez-Martínez  
Fernando Plenge-Tellechea  
Erasto Armando Zaragoza-Contreras  
Takaomi Kobayashi*

19

### Medio ambiente y desarrollo sustentable

Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua, México

*Toutcha Lebgue-Keleng  
Oscar A. Viramontes-Olivas  
Ricardo Abel Soto-Cruz  
Miroslava Quiñónez-Martínez  
Salvador Balderrama-Castañeda  
Yadira Edith Aviña-Domínguez*

27

Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial

*Víctor M. Aguilar-Salas  
Carmelo Pinedo-Álvarez  
Oscar A. Viramontes-Olivas  
Alma D. Báez-González  
Rey M. Quintana-Martínez*

34

### Creatividad y desarrollo tecnológico

Estrategia y educación superior

*Julio César López-Díaz  
Ana María Arras-Vota  
Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios  
Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez*

43

## Definición de la Revista *TECNOCENCIA Chihuahua*

TECNOCENCIA Chihuahua es una publicación científica arbitrada de la Universidad Autónoma de Chihuahua, fundada en el año 2007 y editada de forma cuatrimestral. Está indizada en:

- LATINDEX, Catálogo de revistas científicas de México e Iberoamérica que cumplen con criterios internacionales de calidad editorial.
- PERIODICA, la base de datos bibliográfica de la UNAM de revistas de América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.
- CLASE, la base de datos bibliográfica de la UNAM de revistas de América Latina y el Caribe, especializadas en ciencias sociales y humanidades

### Objetivos

Servir como un medio para la publicación de los resultados de la investigación, ya sea en forma de escritos científicos o bien como informes sobre productos generados y patentes, manuales sobre desarrollo tecnológico, descubrimientos y todo aquello que pueda ser de interés para la comunidad científica y la sociedad en general. También pretende establecer una relación más estrecha con su entorno social, para atender a la demanda de los problemas que afectan a la sociedad, expresando su opinión y ofreciendo soluciones ante dicha problemática.

La revista *TECNOCENCIA Chihuahua* se publica cuatrimestralmente para divulgar los resultados de la investigación en forma de avances científicos, desa-

rollo tecnológico e información sobre nuevos productos y patentes. La publicación cubre las siguientes áreas temáticas: Alimentos, Salud y Deporte, Ingeniería y Tecnología, Educación y Humanidades, Economía y Administración, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Creatividad y Desarrollo Tecnológico.

### Visión

Mejorar de manera continua la calidad del arbitraje de los artículos publicados en la revista, proceso que se realiza en forma anónima bajo el sistema de doble ciego. Conformar el Consejo Editorial Internacional y cada Comité Editorial por área del conocimiento de la revista, incorporando como revisores a investigadores del país y del extranjero adscritos a instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación, que son reconocidos como académicos y científicos especializados en su campo.

### Tipos de escritos científicos

En la revista se publican las siguientes clases de escritos originales: artículos científicos en extenso, notas científicas, ensayos científicos y artículos de revisión.

### A quién se dirige

A científicos, académicos, tecnólogos, profesionistas, estudiantes y empresarios.

# Editorial

**E**n la sección El científico frente a la sociedad, presentamos el tema: “El papel de los antimicrobianos en la estructura de las comunidades microbianas en la naturaleza”; los autores describen las estrategias adaptativas de los microorganismos a su ambiente, y las complejas interrelaciones que guardan las diversas especies que se encuentran en equilibrio, tales como: el comensalismo, simbiosis y el parasitismo. En el mismo artículo se discuten mecanismos de exclusión competitiva, manifestados a través de la producción de compuestos que inhiben el desarrollo de microorganismos competidores, los compuestos pueden explotarse industrialmente para controlar enfermedades infecciosas.

En el artículo arbitrado: “Uso de plantaciones de Numularia (*Atriplex nummularia*) bajo riego y fertilización como banco de proteína para el sistema vaca cría”, se analiza la fertilización nitrofosforada y la mejora de la calidad del forraje, que incrementó el porcentaje de proteína cruda y la disponibilidad de forraje. De acuerdo a los investigadores, no se observaron diferencias significativas en las variables: peso, condición de las vacas y peso promedio de las crías, de dos hatos comparados; el primero, recibió en harinolina en la primera etapa, y en la segunda, tuvo acceso a la plantación de Numularia; lo cual sugiere en época de sequía, sustituir a la harinolina por Numularia, durante la etapa de lactancia.

En el escrito: “Síntesis del precursor de un surfactante catiónico no convencional”, se analizan variaciones en el proceso de síntesis, como la temperatura en el tiempo de reacción y la velocidad de adición del compuesto deseado, añadido a la estructura del surfactante propuesto. También se incluye el artículo “Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua, México”; el estudio de tres años aporta datos de recorridos realizados en 450 sitios de muestreo; se describen características comunidades vegetales, así como del clima y suelo de la región muestreada.

Se obtuvieron 2,260 registros de plantas, agrupadas en 145 taxa, que comprenden 123 especies y 22 variedades; este conocimiento disponible servirá de base para implementar programas de explotación racional y desarrollo sustentable, reduciendo así el riesgo de extinción de las especies endémicas de Chihuahua.

En el artículo “Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial”; los investigadores evaluaron la forma, relieve y drenaje de la cuenca, mediante la tecnología geoespacial (TG), la cual resultó útil para conocer el impacto de la erosión y el potencial hidrológico, asociados a causas naturales y antropogénicas, que permitieron al grupo de expertos conocer el estado físico y funcionamiento de la cuenca. Con esta información morfométrica se pretende planear un uso eficiente de este recurso tan valioso. Un grupo de maestros experimentados, de nuestra universidad, explora en el tema “Estrategia y educación superior”, diversos aspectos de la gestión organizacional, cuyos cambios se reflejan en la manera como se dirigen las Instituciones de Educación Superior; también se analiza la estrategia, el pensamiento y la planeación que caracteriza a las universidades públicas comparadas en el estudio.

Ph. D. César H. Rivera Figueroa  
EDITOR EN JEFE

# El papel de los antimicrobianos en la estructura de las comunidades microbianas en la naturaleza

## Rol of antimicrobials on the structure of microbial communities in nature

OSKAR ALEJANDRO PALACIOS-LÓPEZ<sup>1</sup>, MARÍA OLGA GONZÁLEZ-RANGEL<sup>1</sup>,  
BLANCA ESTELA RIVERA-CHAVIRA<sup>1</sup> Y GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ-MOORILLÓN<sup>1,2</sup>

### Resumen

Los microambientes son estructuras complejas, en donde se encuentran en equilibrio una gran cantidad de organismos microscópicos, tanto eucariotes como procariotes, que interactúan entre ellos y con los factores abióticos del medio. Para lograr el equilibrio entre los miembros de una comunidad microbiana, se establecen interacciones que resultan benéficas o perjudiciales para una de las especies que interactúan, o para ambas. Entre estas interacciones, se encuentran: comensalismo, simbiosis, y parasitismo, entre otras. Estas interacciones les facilita a los microorganismos la obtención de compuestos que pueden ser utilizados como sustratos o como complementos, asegurando así su sobrevivencia y mantenimiento en un ecosistema. Para sobrevivir, algunos microorganismos deben producir compuestos capaces de inhibir el desarrollo de microorganismos competidores. Estos compuestos, conocidos como antimicrobianos, pueden causar daño a la célula bacteriana competidora a través de diversos mecanismos de acción, pero el fin es cumplir con el mismo objetivo, la eliminación de la competencia microbiana. La producción industrial de algunos de estos antimicrobianos, han revolucionado nuestra forma de vida, al proporcionarnos herramientas para el control de enfermedades infecciosas.

**Palabras clave:** interacciones microbianas, simbiosis, parasitismo, competencia, bacterias.

### Abstract

Microenvironments are natural complex structures, where microscopic organisms (both, eukaryotic and prokaryotic organisms) are in balance, by way of interactions among them and with the abiotic factors present in the environment. In order to achieve equilibrium between the members of a microbial community, different interactions are established, that are either beneficial or prejudicial to one or both interaction species. Among those interactions are commensalism, symbiosis and parasitism. The interactions support the acquirement of compounds that can be used as substrates or complements for microbial growth, assuring in this way, its survival and maintenance in the ecosystem. To survive, some microorganisms produce compounds capable of inhibiting the development of competitive microbiota. Those compounds, known as antimicrobials, can cause damage to the competitive microbial cell through different mechanisms of action, but the final goal is the same: to eliminate the competitive microbiota. Industrial production of some of those antimicrobials, have revolutionized our society, since they can be used to control infectious diseases.

**Keywords:** microbial interactions, symbiosis, parasitism, competition, bacteria.

### Introducción

Los microorganismos han existido en el planeta desde muchos años antes que el hombre, se encuentran en los más diversos ambientes, en donde además son responsables de muchos de los procesos biogeoquímicos; además presentan una gran capacidad de resistencia y adaptación a condiciones extremas. Se encuentran distribuidos en suelo, mar, ríos, lagos, aire (principalmente como forma de dispersión) y otros, en donde presentan una gran diversidad de especies, que conviven equilibradamente. La mayoría participan en los ciclos naturales de los elementos, y no interactúan negativamente con el hombre, por lo que puede considerárseles "amigables"; son unos cuantos los que representan un peligro para la salud del hombre o de otros macroorganismos.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus II, Apdo. Postal 1542-C. Chihuahua, Chih., México 31125 Tel. (614) 236-6000

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: vnevare@uach.mx

Gran parte de la forma en la que se encuentran distribuidos los microorganismos se debe a las condiciones ambientales del ecosistema, llamadas factores abióticos; pero su presencia también es el resultado de la interacción con otros microorganismos presentes, con los que se establecen relaciones de cooperación o de competencia. Esta se da principalmente por la búsqueda de fuentes de energía, o por la escasez de nutrientes, lo que obliga a los microorganismos a emplear herramientas de «defensa» y «ataque» para aminorar esta competencia, ya sea generando ambientes de estrés para los demás microorganismos, o bien produciendo compuestos químicos que afecten su viabilidad. Las relaciones entre los microorganismos, o de los microorganismos con macroorganismos, pueden ser benéficas, en donde ambos obtienen ganancias (simbiosis), como sucede con algunas plantas, facilitándose mutuamente nutrientes o factores de crecimiento. Sin embargo, existen algunos microorganismos que invaden otros organismos, aprovechándose de sus nutrientes y generando efectos adversos en los hospederos, llegando incluso a provocarles la muerte.

Muchas de estas interacciones se dan gracias a la generación de algunos compuestos que inhiben el crecimiento de otros microorganismos competidores. Este fenómeno se llama antibiosis, y los compuestos químicos que se generan han sido la base de las propiedades antimicrobianas o antibióticos. Si bien los primeros antibióticos se identificaron a partir de la producción de estos compuestos por microorganismos, estas estructuras han sido mejoradas por síntesis química, produciendo nuevas generaciones de antibióticos. Estos nuevos compuestos han tomado gran importancia en los últimos años, debido a la aparición de cepas bacterianas cada vez más resistentes a los antimicrobianos ya existentes. Una de las alternativas para el uso de compuestos sintéticos es el aprovechamiento de compuestos generados por microorganismos no patógenos, debido a que se ha observado que algunos de estos compuestos no presentan toxicidad para el organismo humano, pero sí para algunos microorganismos patógenos.

Un ejemplo de un microorganismo generador de compuestos con actividad antimicrobiana es *Bacillus*

*subtilis*, que presenta características que le permiten estar en muy diversos ambientes. Este microorganismo ha tomado importancia en el campo de la microbiología ambiental debido a la generación de compuestos (lipoproteínas) con actividad surfactante, los cuales facilitarían la remoción de sustancias de difícil descomposición, como lo son los hidrocarburos. Pero la aplicación de las lipoproteínas ha retomado interés en el área clínica, porque han mostrado funciones antimicrobianas, provocando la curiosidad de investigadores que su uso contra microorganismos resistentes a antibióticos (Fernandes *et al.*, 2007). Se han logrado identificar otros compuestos también con función antimicrobiana en cepas del mismo género bacteriano. Tal es el caso de las bacteriocinas, péptidos que por sus características (amplio espectro de inhibición y una estructura que se ve afectada al entrar al tracto gastrointestinal de animales y humanos, inactivándose) han sido aprovechadas en la industria alimentaria como conservadores (Abriouel *et al.*, 2010).

Una gran cantidad de microorganismos pueden producir bacteriocinas; algunas tienen una capacidad inhibitoria muy limitada, inhibiendo a microorganismos muy relacionados filogenéticamente con ellos, mientras que otros tienen un amplio espectro de inhibición. Algunas de las bacteriocinas producidas por *Bacillus*, se clasifican dentro del grupo de los lantibióticos, que pueden ser de tipo A (elongados y con carga positiva), o de tipo B (circulares y sin carga). Por sus características, las bacteriocinas han encontrado aplicación en diversas actividades, como en la medicina (antimicrobianos como remplazo de antibióticos convencionales), la ganadería (probióticos), en los alimentos (conservadores), en la acuicultura, en biocontrol agrícola, entre otras áreas. En la acuicultura se ha probado el uso de cepas de *Bacillus cereus* para evitar el desarrollo de microorganismos patógenos para los peces, así como para mantener la calidad del agua (Lallo *et al.*, 2010). Debido a la producción de estos compuestos, así como a características morfológicas y de diferenciación celular (formación de endosporas) que presenta el género *Bacillus*, es posible encontrar a estos microorganismos en muy diversos ambientes (Abriouel *et al.*, 2010), ya que estas son herramientas

que le permiten asegurar su sobrevivencia en ecosistemas adversos. Por ello, se le puede encontrar en sitios contaminados con metales pesados, donde se han logrado desarrollar especies del género *Bacillus*, capaces de reducir metales tóxicos como el cobre IV a formas estables para el hombre y el ambiente, como es el cobre III (Verma *et al.*, 2009).

*Producción de compuestos antimicrobianos en diversos ambientes.* Debido a las múltiples funciones que se han encontrado para algunos metabolitos bacterianos, como es el caso del surfactante y las bacteriocinas producidos por *Bacillus*, se ha sugerido que metabolitos con estructuras similares, producidos por otros microorganismos, pueden ser igualmente efectivos en las mismas funciones. Por ello, se han buscado microorganismos productores de surfactantes, principalmente en ambientes contaminados con hidrocarburos, incluyendo refinerías y lugares de almacenamiento de combustibles. Es muy común encontrar en estos sitios microorganismos del género *Pseudomonas* capaces de producir biosurfactantes, y por ende, compuestos con actividad inhibitoria no solo contra bacterias, sino también contra levaduras y hongos (Yalcin y Ergene, 2009). Este mismo género es productor de otros tipos de compuestos con funciones quelantes (sideróforos), que tienen gran importancia en la biodisponibilidad de metales pesados, y su uso ha tomado importancia en la restauración de ambientes contaminados con metales. Esta capacidad quelante tiene acción antimicrobiana, secuestrando metales (como cobre, zinc, y otros) haciéndolos no disponibles para otros microorganismos (Sebat *et al.*, 2001).

Se han estudiado otros ambientes por microorganismos con producción de metabolitos antimicrobianos, entre ellos, el ambiente marino, en donde se ha dado especial énfasis en el establecimiento de interacciones microbianas. En el mar se pueden encontrar microorganismos capaces de sobrevivir en ambientes extremos (temperaturas muy frías, altas presiones y ausencia de luz), facilitándose su sobrevivencia con la generación de compuestos de estructuras complejas (Debbad *et al.*, 2010). Las *Marinomonas* son un ejemplo de este tipo de microorganismos; son bacterias melanogénicas productoras de péptidos

antimicrobianos denominados «Marinocinas». El mecanismo de acción de estos compuestos es la generación de peróxidos de hidrógeno (el aminoácido lisina es esencial para llevar a cabo esta función), que daña las células bacterianas de los microorganismos competidores. Sin embargo, estos son capaces de generar enzimas como la catalasa, son inmunes a estos péptidos antimicrobianos, generando un ambiente muy competitivo (Lucas *et al.*, 2006). Otro microorganismo aislado del mar, es *Brevibacillus laterosporus*, que genera un lipopéptido denominado tauramamida; este compuesto presenta una relativa actividad selectiva contra microorganismos Gram positivos, patógenos para el hombre, como *Enterococcus* sp. y contra microorganismos multidrogoresistentes como *Staphylococcus aureus* (Debbad *et al.*, 2010). Al igual que *Brevibacillus laterosporus* y *Marinomonas*, existen una gran variedad de microorganismos que han sido estudiados por la producción de compuestos antimicrobianos con posibles aplicaciones biotecnológicas. Este es el caso de *Marinispora* (productora de compuestos linezólidos), *Pseudomonas stutzeri* (productora de un compuesto denominado zafrina), una cepa de *Nocardia* sp. (generadora de ayamicina), y otros microorganismos más entre los que se encuentran diversos hongos como *Nigrospora* y *Aspergillus*. Una extensa revisión sobre diversos microorganismos marítimos, productores de compuestos antimicrobianos se puede encontrar en Debbad *et al.* (2010).

Por otro lado, así como en el océano existen microorganismos que son capaces de producir metabolitos para eliminar la competencia, otro ambiente en el que también se pueden encontrar estas características es el suelo. El suelo es uno de los hábitats más diversos en el planeta, contiene una gran variedad de factores abióticos y bióticos, que le permiten el sostenimiento de múltiples microorganismos con características metabólicas muy diferentes. Los actinomicetos son bacterias que se encuentran ampliamente distribuidas en el suelo, y son uno de los grupos más estudiados por su producción de antibióticos. Entre los reportes de producción de compuestos antimicrobianos por actinomicetos, se encuentran la actagardina o

Michiganina A, producida por *Clavibacter michiganensis*, de carácter catiónico (Nishikawa y Ogawa, 2002; Holtsmark *et al.*, 2006). Existen también otros microorganismos a los que últimamente se les ha dado importancia, uno de ellos es el género *Aristabacter*; esta es una arqueobacteria, que normalmente se encuentra como microorganismo predador, no solo de otras bacterias, sino también de levaduras y algunos protozoos. Esta bacteria es capaz de generar no solo compuestos con actividad antimicrobiana, sino también compuestos que llevan a cabo una potenciación de esta actividad, lo que le facilita ampliar su espectro de acción. Interacciones como la mencionada, se han considerado como una opción para mejorar el uso y la aplicación de los antibióticos (Cain *et al.*, 2003) disminuyendo además la aparición de cepas multirresistentes. Se han reportado diversos mecanismos de resistencia a compuestos antimicrobianos naturales que adoptan bacterias en el mismo ecosistema. Tanto compuestos antimicrobianos naturales como antibióticos sintéticos generan estrés en el microambiente, lo que obliga a una adaptación por parte de los microorganismos afectados, propiciando la generación de mecanismos de resistencia (Cantón, 2009).

Una forma en la que los microorganismos se protegen contra condiciones adversas es la producción de biopelículas, que se dan especialmente compuestos energéticos y por sobrevivencia. Uno de los mecanismos de competencia que se observa en biopelículas es la producción de compuestos antimicrobianos por algunos géneros bacterianos como *Serratia*. Estos compuestos afectarán a los microorganismos más sensibles, pero aquellos que muestren una pequeña resistencia no se verán afectados, y conseguirán a la larga generar metabolitos que pueden afectar al primer grupo de microorganismos (Moons *et al.*, 2006). Se ha observado que las biopelículas no solo facilitan el ambiente necesario para la sobrevivencia a los microorganismos que la forman, también confieren una gran resistencia a compuestos antimicrobianos como son los antibióticos, metales pesados y otros compuestos agresores; por ello, la capacidad de producir biopelícula puede ser un

factor de virulencia importante para algunos microorganismos patógenos. Esta es una razón por la que ha aumentado el interés en el conocimiento de la estructura y funciones de las biopelículas, con el objetivo de encontrar compuestos capaces de actuar sobre las adhesinas, evitando la formación de estos consorcios y con ello, la sobrevivencia de patógenos en ambientes no deseados como hospitales (Daniels *et al.*, 2010).

*Microorganismos protectores e invasores.* Muchos de los microorganismos que generan compuestos antimicrobianos, no solo facilitan su estancia en un ambiente, sino que promueven el desarrollo de otros organismos como plantas y animales. En el cuerpo humano, y en el organismo de todos los animales se encuentran microorganismos denominados comensales, que colonizan de forma natural algún órgano del cuerpo, sin afectar de forma significativa al organismo hospedador. Se ha observado que algunos de estos microorganismos son los responsables de la resistencia que muestra el organismo hacia algunos microorganismos patógenos.

Uno de los géneros bacterianos que se ha establecido como benéfico y protector para otro organismo es *Bacillus subtilis*, que coloniza de forma natural el tracto gastrointestinal, evitando por medio de la generación de algunos compuestos como el factor anticlostridial, el establecimiento de bacterias del género *Clostridium*, responsables de cuadros gastrointestinales necróticos (Yeow y Meng, 2005). Otro género estudiado es *Enterococcus*, que produce enterocinas, compuestos con acción bactericida contra microorganismos Gram negativos y Gram positivos; también las *Alteromonas* evitan el establecimiento de microorganismos patógenos en peces y moluscos mediante la producción de compuestos extracelulares (Balla *et al.*, 2000; León *et al.*, 2005; Martín *et al.*, 2006).

Otros microorganismos que han cobrado interés son aquellos que confieren protección a las plantas contra algunos patógenos. Estos microorganismos, en la mayoría de los casos bacterias, establecen relaciones simbióticas con las plantas beneficiadas asegurándose así de obtener nutrientes, proporcionando a la planta los compuestos que

estimularán su crecimiento, y promoviendo la producción de compuestos que evitarán el establecimiento de microorganismos parásitos (Segura *et al.*, 2009). Partiendo de estas funciones, se han desarrollado trabajos para purificar algunos de estos compuestos con el objetivo de aplicarlos en terapias agrícolas, en el combate de plagas (principalmente por hongos) y para la recuperación de cultivos. Algunos de los géneros que llevan a cabo la producción de compuestos antifúngicos son *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Zimomonas* y *Streptomyces* (Nakayama *et al.*, 1999; Riedlinger *et al.*, 2006; Mandrik *et al.*, 2007; Coraiola *et al.*, 2008; Reddy *et al.*, 2008; Romero *et al.*, 2008).

*¿Cuál es el mecanismo de acción de estos compuestos antimicrobianos?* La mayoría de los compuestos con actividad antimicrobiana que se han descrito en este documento, tienen actividad sobre la membrana bacteriana, generando poros que provocan la ruptura celular. Sin embargo, este no es el único mecanismo que presentan los metabolitos antimicrobianos que son generados por los diversos microorganismos en el ambiente. Entre los diversos mecanismos de acción de estos compuestos se encuentran: la alteración en la formación de la membrana citoplasmática, inhibición de la síntesis de la pared celular, la inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos,

proteínas y de algunas actividades enzimáticas (Cuadro 1). Para poder ejercer cualquiera de estas acciones, los compuestos antimicrobianos deben primero interactuar con el microorganismo al que atacarán, principalmente debido a cargas eléctricas. Posteriormente, debe presentarse su internalización en el microorganismo, para llevar a cabo su función, ya sea atravesando la membrana de forma transversal, generando poros, o interactuando con canales iónicos (lo que generará una descompensación iónica), o interactuando con cualquier compuesto intracelular, afectando su función (Brogden, 2005; Coraiola *et al.*, 2008).

El mecanismo de acción de un metabolito antimicrobiano estará definido por dos factores:

- a) La estructura y composición del metabolito
- b) La estructura y composición de la membrana bacteriana.

Los compuestos antimicrobianos son moléculas que presentan carga, ya sea positiva (catiónica) o negativa (aniónica), misma que les dará afinidad hacia alguna superficie. Por ejemplo, los compuestos catiónicos tenderán a unirse a compuestos cargados negativamente en las superficies de las bacterias (fosfolípidos y lipopolisacáridos en las bacterias Gram negativas y los ácidos teicóicos en las bacterias Gram positivas).

**Cuadro 1.** Mecanismos de actividad antimicrobiana por metabolitos microbianos en el ambiente.

Actividad	Tipo de compuesto	Bacteria productora	Referencia
Generación de poros en membrana	Bacteriocinas y autolisinas	Bacterias del género <i>Bacillus</i> , bacterias lácticas, <i>E. coli</i> , <i>Staphylococcus simulans</i> , etc.	Brogden, 2005; Abriouel <i>et al.</i> , 2010
Formación de sideróforos (transporte de metales)	Ácido piridina - 2, 6 - dithiocarboxílico	<i>Pseudomonas</i> spp.	Sebat <i>et al.</i> , 2001
Generación de peróxido de hidrógeno	Marinocina	<i>Marinomonas</i> spp., <i>Pseudoalteromonas</i> spp.	Lucas <i>et al.</i> , 2006
Formación de canales iónicos	Lipopeptidos con características surfactantes y fuscopeptinas	<i>Bacillus subtilis</i> y <i>Pseudomonas fuscovaginae</i>	Fernandes <i>et al.</i> , 2007; Coraiola <i>et al.</i> , 2008
Inhibición de la biosíntesis de peptidoglicanos	Lantibióticos	Bacterias Gram positivas	Brogden, 2005
Enzimas proteolíticas	Aureolisina	<i>Staphylococcus aureus</i>	Brogden, 2005

Cualquiera que sea el mecanismo de acción de estos compuestos, su objetivo siempre será el mismo, la eliminación de la competencia para favorecer el establecimiento y sobrevivencia de una especie en el microambiente. Un punto importante es que la generación de estos compuestos no está influenciada por un solo microorganismo, pero es mantenida por una comunidad. El mecanismo de comunicación entre los miembros de la comunidad se denomina quorum sensing, y está directamente relacionado con la densidad celular. El mecanismo de *quorum sensing* involucra la secreción de moléculas señaladoras, mismas que controlarán la formación o no de estos compuestos antimicrobianos con el objetivo de mantener un equilibrio en la comunidad (Moons *et al.*, 2006).

*El papel del quorum sensing en la sobrevivencia de las bacterias.* Como se ha mencionado con anterioridad, existen diversos mecanismos por los que algunos microorganismos pueden presentar ventajas sobre otros en cuanto a la sobrevivencia en ambientes extremos o adversos. Uno de estos mecanismos de sobrevivencia está dado por el *quorum sensing*, que permite el control de la expresión de genes por la detección de una concentración específica de ciertas sustancias químicas, conocidas como autoinductores. Estas moléculas se producen por los microorganismos de una comunidad, y dependiendo del número de microorganismos presentes, la cantidad de autoinductores será tal que desencadenarán mecanismos de control de la expresión genética. El *quorum sensing* es el responsable del control de múltiples mecanismos de sobrevivencia de los microorganismos, como son la secreción de compuestos antimicrobianos, la formación de biopelículas, la esporulación y la movilidad, entre otros. Debido a esto, existen diversos estudios sobre mecanismos de inhibición del *quorum sensing* en microorganismos patógenos con objetivos terapéuticos; o bien, para el control de aplicaciones biotecnológicas (Ni *et al.*, 2009).

## Conclusión

La generación de compuestos antimicrobianos por microorganismos, es una forma de controlar las

comunidades bacterianas que se presentan en un ecosistema. Las interacciones entre diversos organismos como la simbiosis, el comensalismo, el parasitismo y la competencia, son esenciales para establecer un equilibrio entre las especies integrantes del ecosistema. Es interesante estudiar los mecanismos que se presentan en estas interacciones, con el objetivo no solo de comprender los diversos ambientes, también de buscar su aplicación en la recuperación de ambientes afectados por el hombre. El estudio de mecanismos como el *quorum sensing* auxiliarán en la mejor comprensión de la forma en la que los microorganismos compiten por los ecosistemas, así como los mecanismos de ataque y defensa que presentan. Por otro lado, las estrategias de sobrevivencia de los microorganismos en el ambiente pueden servir de base para el estudio de factores de virulencia por patógenos del hombre, animales o plantas; los patógenos están tratando de sobrevivir en un ambiente hostil, el del hospedero.

## Literatura citada

- ABRIOUEL H., C. Franz, N. Omar y A. Gálvez. 2010. Diversity and applications of *Bacillus* bacteriocins. *FEMS Microbiological Reviews* 35: 201 – 232.
- BALLA E., L. Dicks, M. Du Toit, M. Van Der Merwe y W. Holzapfel. 2000. Characterization and Cloning of the Genes Encoding Enterocin 1071A and Enterocin 1071B, Two Antimicrobial Peptides Produced by *Enterococcus faecalis* BFE 1071. *Applied and Environmental Microbiology*. 66: 1298 – 1304.
- BROGDEN K. 2005. Antimicrobial peptides: Pore formers or metabolic inhibitors in bacteria? *Nature Reviews* 3: 238 – 250.
- CAIN C., D. Lee, R. Waldo, A. Henry, E. Casida, M. Wani, M. Wall, N. Oberlies y J. Falkinham. 2003. Synergistic Antimicrobial Activity of Metabolites Produced by a Nonobligate Bacterial Predator. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 47: 2113 – 2117.
- CANTÓN R. 2009. Antibiotic resistance genes from the environment: a perspective through newly identified antibiotic resistance mechanisms in the clinical setting. *Clinical Microbiology and Infection* 15: 20 – 25.
- CORAIOLA M., R. Paletti, A. Flore, V. Fogliano y M. Dalla. 2008. Fuscopeptins, antimicrobial lipodepsopeptides from *Pseudomonas fuscova*, are channel forming active on biological and model membranes. *Journal of Peptide Science* 14: 496 – 502.
- DANIELS C., M. Espinosa, J. Niqui, C. Michán y J. Ramos. 2010. Metabolic engineering, new antibiotics and biofilm viscoelasticity. *Microbial Biotechnology* 3: 10 – 14.
- DEBBAD A., A. Aly, W. Lin y P. Proksch. 2010. Bioactive compounds from marine bacteria and fungi. *Microbial Biotechnology* 3: 544 – 563.
- FERNANDES P., I. Arruda, A. Amatto, A. Araújo, A. Souto y E. Azevedo. 2007. Antimicrobial activity of surfactants produced by *Bacillus subtilis* R14 against multidrug-resistant bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology* 38: 704 – 709.

- HOLTSMARK I., D. Mantzilas, V. Eijsink y M. Brurberg. 2006. Purification, Characterization, and Gene Sequence of Michiganin A, an Actagardine – Like Lantibiotic Produced by Tomato Pathogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 5814 – 5821.
- LALLO R., G. Moonsamy, S. Ramchuran, J. Görgens y N. Gardiner. 2010. Competitive exclusion as a mode of action of *Bacillus cereus* aquaculture biological agent. *Letters in Applied Microbiology* 50: 563 – 570.
- LEÓN J., G. Tapia y R. Ávalos. 2005. Purificación parcial y caracterización de una sustancia antimicrobiana producida por *Alteromonas* sp. de origen marino. *Revista Peruana de Biología* 12: 359 – 368.
- LUCAS P., D. Gómez, F. Solano y A. Sánchez. 2006. The Antimicrobial Activity of Marinocine, Synthesized by *Marinomonas mediterranea*, Is Due to Hydrogen Peroxide Generated by Its Lysine Oxidase Activity. *Journal of Bacteriology* 188: 2493 – 2501.
- MANDRYK M., E. Kolomiets y E. Dey. 2007. Characterization of Antimicrobial Compounds Produced by *Pseudomonas aurantiaca* S-1. *Polish Journal of Microbiology* 56: 245 – 250.
- MARTÍN A., E. Valdicia, M. Ruiz, J. Soler, M. Martín, M. Maqueda y M. Bueno. 2006. Characterization of Antimicrobial Substances Produced by *Enterococcus faecalis* MRR 10-3, Isolated from the Uropygial Gland of the Hoopoe. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 4245 – 4249.
- MOONS P., R. Van Houdt, A. Aertsen, K. Vanoirbeek, Y. Engelborghs y C. Michiels. 2006. Role of *Quorum sensing* and Antimicrobial Component Production by *Serratia plymuthica* in Formation of Biofilms, Including Mixed Biofilms with *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 7294 – 7300.
- NAKAYAMA T., Y. Homma, Y. Hashidoko, J. Mizutani y S. Tahara. 1999. Possible Role of Xanthobaccins Produced by *Stenotrophomonas* sp. Strain SB-K88 in Suppression of Sugar Beet Damping-Off Disease. 65. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 4334 – 4339.
- NI N., M. Li, J. Wang y B. Wang. 2009. Inhibitors and Antagonists of Bacterial *Quorum sensing*. *Medicinal Research Reviews* 29: 65 – 124.
- NISHIKAWA M. y K. Ogawa. 2002. Distribution of Microbes Producing Antimicrobial  $\alpha$ -Poly-L-Lysine Polymers in Soil Microflora Determined and Novel Method. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 3575 – 3581.
- REDDY B., K. Reddy, M. Rao y K. Rao. 2008. Efficacy of Antimicrobial Metabolites of *Pseudomonas fluorescens* Against Rice Fungal Pathogens. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy* 2: 178 – 182.
- RIEDLINGER J., S. Schrey, M. Tarkka, R. Hampp, M. Kapur y H. Fiedler H. 2006. Auxofuran, a Novel Metabolite That Stimulates the Growth to Fly Agaric, Is Produced by Mycorrhiza Helper Bacterium *Streptomyces* Strain AcH 505. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 3550 – 3557.
- ROMERO M., J. Ramallo y L. Ploper L. 2008. Acción inhibitoria de una cepa de *Zimomonas mobilis* aislada de caña de azúcar sobre *Xanthomonas citri* subsp. *citri* agente causal de la cancriosis de los cítricos. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*. 85: 17 – 22.
- SEBAT J., A. Paszczynski, M. Cortese y R. Crawford R. 2001. Antimicrobial Properties of Pyridine-2,6-Dithiocarboxylic Acid, a Metal Chelator Produced by *Pseudomonas* spp. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 3934 – 3942.
- SEGURA A., P. de Wit y G. Preston. 2009. Life of microbes that interact with plants. *Microbial Biotechnology* 2: 412 – 415.
- VERMA T., S. Garg y P. Ramteke. 2009. Genetic correlation between chromium resistance and reduction in *Bacillus brevis* isolated from tannery effluent. *Journal of Applied Microbiology* 107: 1425 – 1432.
- YALCIN E. y A. Ergen. 2009. Screening the Antimicrobial Activity of Biosurfactants Produced by Microorganisms Isolated from Refinery Wastewaters. *Journal of Applied Biological Sciences* 3: 148 – 153.
- YEO A. y H. Meng. 2005. Inhibition of *Clostridium perfringens* by a Novel Strain of *Bacillus subtilis* Isolated from the Gastrointestinal Tracts of Healthy Chickens. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 4185 – 4190. 

---

Este artículo es citado así:

Palacios-López, O. A., M. O. González-Rangel, B. E. Rivera-Chavira, G. V. Nevárez-Moorillón. 2011: *El papel de los antimicrobianos en la estructura de las comunidades microbianas en la naturaleza*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(1): 1-8.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**OSKAR ALEJANDRO PALACIOS LÓPEZ.** Cursó la licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), obteniendo el título de Químico Bacteriólogo Parasitólogo y recientemente obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Biotecnología de la misma Institución. El trabajo de tesis de licenciatura lo realizó en la búsqueda de indicadores de contaminación biológica por aguas residuales en suelos, y en su trabajo de maestría realizó también estudios relacionados con indicadores de contaminación biológica y bacterias multirresistentes como indicadoras de urbanización en agua y suelo.

**MARÍA OLGA GONZÁLEZ RANGEL.** Es egresada de la carrera de Químico Bacteriólogo Parasitólogo en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), y realizó estudios de Maestría en Administración en la Universidad de Monterrey. Se ha desempeñado por más de 30 años, como docente de la Facultad de Ciencias Químicas, en donde ha fortalecido el área de enseñanza en Microbiología. Se ha especializado en el área de Microbiología Clínica, y ha participado en la formación de estudiantes de licenciatura y maestría en temas de Microbiología diagnóstica. La maestra González también ha ocupado diversos cargos en la administración universitaria, en donde se desempeñó como Secretaria del Sindicato Académico de la UACH y como coordinadora del Colegio de Profesores, entre otros puestos de planeación universitaria.

**BLANCA ESTELA RIVERA CHAVIRA.** Es egresada de la carrera de Químico Bacteriólogo Parasitólogo en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), y realizó estudios de doctorado en Biología Molecular en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), en la Ciudad de México. Es docente e investigadora de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Químicas, UACH, en donde ha desarrollado investigación en el área de epidemiología molecular. Su trabajo de investigación se ha centrado en la epidemiología y multirresistencia de cepas de *M. tuberculosis*, tanto en pacientes como en ambiente, con diagnóstico molecular de tuberculosis; de igual forma, ha trabajado con epidemiología de brucelosis como enfermedad zoonótica, con diagnóstico en humanos y animales. Ha desarrollado también investigación en bacterias multirresistentes, tanto con aislados clínicos como con aislados ambientales. Sus trabajos se han presentado en diversos congresos nacionales e internacionales, y ha dirigido más de quince trabajos de licenciatura y maestría.

**GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ MOORILLÓN.** Cursó su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo el título de Químico Biólogo Parasitólogo. Realizó estudios de doctorado en la University of North Texas con la tesis «Biodegradación de componentes de petróleo contaminantes en aguas y suelos por bacterias del suelo»; en 1995 se le otorgó el grado de Ph.D., especialidad Biología. Ha recibido más de siete distinciones y premios, siendo el más reciente el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Categoría Profesional. Por su destacada labor científica, ha sido reconocida como Investigador Nacional Nivel I por el Sistema Nacional de Investigadores. Desde 1995 ha sido maestra de la Facultad de Ciencias Químicas (UACH) y su productividad científica incluye treinta y dos artículos en revistas arbitradas; ha editado más de cuatro libros y dirigido más de 60 tesis (licenciatura, maestría y doctorado). La Dra. Nevárez pertenece a diversas sociedades científicas, citándose entre algunas de ellas la American Society for Microbiology, la Society for Microbial Ecology y la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.

# Uso de plantaciones de Numularia (*Atriplex nummularia*) bajo riego y fertilización como banco de proteína para el sistema vaca cría

## Use of Numularia (*Atriplex nummularia*) plantations under irrigation and fertilization as a protein source for the cow-calf system

RUBÉN A. SAUCEDO TERÁN<sup>1,3</sup>, ESTEBAN GUTIÉRREZ RONQUILLO<sup>1</sup>, HÉCTOR O. RUBIO ARIAS<sup>2</sup>, REY M. QUINTANA MARTÍNEZ<sup>2</sup> Y PEDRO JURADO GUERRA<sup>1</sup>

Recibido: Noviembre 10, 2010

Aceptado: Febrero 20, 2011

### Resumen

Se determinó la producción y calidad del forraje de una plantación de Numularia bajo riego y fertilización, y se evaluó su uso como fuente de proteína para vacas en pastoreo. Bajo un arreglo factorial se aplicaron ocho dosis de fertilización nitrófosforada. Bajo un diseño aleatorio se manejaron dos grupos de 12 vacas en un pastizal mediano. Las vacas del primer grupo recibieron 1.5 kg/día de harinolina. El segundo grupo tuvo acceso a la plantación en sustitución de la harinolina. Posteriormente, los dos grupos tuvieron acceso a la plantación como única fuente de proteína. El mayor contenido ( $P<0.05$ ) de proteína cruda (27.43 %) se obtuvo con la dosis 180-30. La máxima disponibilidad de forraje (244.92 g/planta) se obtuvo con la dosis 120-30, aunque no hubo diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos en esa variable. Los menores contenidos de cenizas se obtuvieron con las mayores dosis de fertilización, pero los tratamientos resultaron iguales ( $P>0.05$ ). Los dos grupos de vacas perdieron peso durante el experimento. La mayor pérdida (27 kg) correspondió a las vacas suplementadas con Numularia, aunque no hubo diferencias ( $P>0.05$ ) en las variables de peso y condición de las vacas, ni en el peso de crías al destete. Cuando los dos grupos pastorearon en la plantación, el mayor peso final ( $P<0.05$ ) correspondió a las vacas anteriormente suplementadas con harinolina, sin encontrarse diferencias ( $P>0.05$ ) en la condición de las vacas ni en el peso de crías al destete. La aplicación de fertilizantes mejoró la calidad nutricional de las plantaciones de Numularia bajo riego. El forraje de Numularia puede sustituir a la harinolina como suplemento para vacas lactantes durante la época de sequía.

**Palabras clave:** forraje, nitrógeno, fósforo, suplementación, bovinos de carne.

### Abstract

Forage yield and quality of Numularia under irrigation and fertilization were determined. Eight nitrogen-phosphorus fertilization rates were evaluated under a factorial arrangement. Also, Numularia was used as a protein source for grazing cows. Two groups of twelve cows each were evaluated under a completely randomized design both grazing on an open middle grass rangeland. Cows from the first group received 1.5 kg/hd/d of cotton seed meal, while the second group browsed on a Numularia plantation. Afterwards, both groups browsed on Numularia as the only protein source. The highest ( $P<0.05$ ) Numularia protein content (27.4 %) was shown by the 180-30 rate. Maximum yield (244.9 g/pl) was obtained with the 120-30 rate, although yield did not show differences ( $P>0.05$ ) among treatments. Minimum ash content corresponded to the higher fertilization rates, nevertheless, that variable resulted no different ( $P>0.05$ ) among fertilization rates. Both cow groups lost weight during the experiment. The highest weight loss (27 kg/hd) was shown by the Numularia group, however, no differences ( $P>0.05$ ) were observed between treatments. Cow body score condition and weaning calf weight were similar ( $P>0.05$ ) between treatments. After both cow groups browsed on Numularia, the highest final cow weight was observed on the previously cotton seed meal fed group, although, no differences ( $P>0.05$ ) on cow body score condition either weaning calf weight were observed. Fertilization improved Numularia protein content under irrigation. Numularia forage can substitute cotton seed meal as a feeding supplement for lactating beef cows during drought.

**Keywords:** forage, nitrogen, phosphorus, supplementation, beef cattle.

<sup>1</sup> Sitio Experimental La Campana-Madera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 33, carretera Chihuahua-Ojinaga. Aldama, Chih. 32910

<sup>2</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: saucedo.ruben@inifap.gob.mx

## Introducción

Los pastizales de las zonas áridas y semiáridas de México se encuentran seriamente deteriorados, como consecuencia de una prolongada sequía y la falta de aplicación de buenas prácticas de manejo de pastizales. En el estado de Chihuahua se estima que alrededor de dos terceras partes de los predios ganaderos se encuentran en condición pobre, predominando suelos con diferentes grados de erosión y la presencia de zacates anuales y herbáceas efímeras (Royo *et al.*, 2005; Bezanilla *et al.*, 2006). Lo anterior ha afectado de manera negativa al sistema tradicional de cría de ganado bovino, el cual muestra bajos niveles de productividad. Debido a la disminución en la disponibilidad de forraje, los animales son obligados a recorrer grandes distancias en busca de alimento, de tal modo que una parte del forraje obtenido a través del pastoreo se utiliza como la fuente de energía requerida para caminar (Di Marco y Aello, 1998).

Desafortunadamente, en muchos de los casos, el deterioro de los pastizales es irreversible, de continuar las prácticas tradicionales de manejo, por lo que es impostergable el ajuste de la carga animal y la implementación de sistemas de rotación del pastoreo, entre otras prácticas. Bajo ciertas circunstancias, se puede prescindir de la disminución de la carga animal, siempre y cuando se pueda contar con fuentes de forraje adicionales al agostadero. En ese sentido, el establecimiento de plantaciones de arbustos forrajeros constituye una alternativa importante como medio para disminuir la dependencia del ganado hacia el forraje producido en el agostadero, y contribuir a revertir el proceso de deterioro de los pastizales (Saucedo, 2003).

La *Numularia (Atriplex nummularia)* es un arbusto de alto contenido de proteína que, además de contribuir a incrementar la disponibilidad de forraje en los ranchos ganaderos, también puede ser utilizada como forraje de buena calidad para la alimentación de animales demandantes de altos niveles de proteína bajo condiciones de pastoreo (Dayenoff *et al.*, 2004). En un trabajo realizado bajo condiciones de temporal en una área con precipitación anual de 189 mm, Guevara *et al.* (2005) obtuvieron producciones de forraje de hasta 6,465 kg/ha con plantas de *Numularia* de tres años de edad. Aganga *et al.* (2003) reportaron un contenido de proteína cruda de hasta 18.7 % y una digestibilidad aparente *in*

*vitro* de la materia seca de hasta 75.5 % en el forraje de *Numularia*. No obstante, a la fecha no se dispone de información acerca de la capacidad productiva de la *Numularia* bajo condiciones de riego restringido y fertilización, así como de su posible uso como sustituto de suplementos proteicos para vacas lactantes en el sistema vaca-cría.

El primer objetivo fue determinar la calidad y la producción de forraje de una plantación de *Numularia* bajo riego por goteo, como respuesta a la fertilización. Un segundo objetivo fue evaluar la plantación de *Numularia* como fuente de proteína para vacas lactantes en pastoreo.

## Materiales y métodos

El trabajo constó de dos experimentos, y se llevó a cabo en el Campo Experimental La Campana, ubicado en la región central del estado de Chihuahua, en el km 80 de la carretera Chihuahua-Ciudad Juárez. El clima del área de estudio es semiárido extremo con temperatura media anual de 16°C, mínimas extremas de -11°C en el invierno y máximas extremas de 40°C en el verano. La precipitación media anual es de 370 mm cuya mayor proporción se registra durante los meses de julio a septiembre (Medina *et al.*, 2006). La vegetación del área de estudio es la correspondiente a un pastizal mediano abierto en condición de regular a buena con dominancia de los zacates nativos navajita negra (*Bouteloua eriopoda*), lobero (*Lycurus phleoides*), tres

barbas (*Aristida spp*) y el introducido africano (*Eragrostis lehmaniana*).

El terreno donde se estableció la plantación fue barbechado, rastreado y nivelado. En dicho terreno, el cual tenía un desnivel de 1 %, se estableció un equipo de riego por goteo. Las líneas principales de riego consistieron de tubería de pvc de 4" de diámetro y se instalaron en la parte alta del terreno a una profundidad de 90 cm. Las líneas de drenaje, consistentes en tuberías de pvc de 2" se instalaron en la parte baja del terreno a una profundidad de 60 cm. Se empleó una cintilla calibre 8000, de 0.5" de diámetro, con emisores a cada 60 cm y un gasto de 1.7 L/h. La cintilla fue instalada a una profundidad de 25 a 30 cm y a una distancia de 1.5 m entre líneas de riego. El agua para riego fue proveída por un pozo de tubería de 4.0" de diámetro equipado con una bomba de 30 caballos y un gasto de alrededor de 16 L/seg. La cintilla fue operada bajo una presión de 14 psi. Como el gasto generado por el pozo superaba dicha presión, parte del agua fue enviada a una pila y a un agujero con el fin de obtener la presión requerida. La plantación de Numularia recibió un riego de seis horas por semana durante ocho meses, lo cual equivale a un volumen total de 3,626.7 m<sup>3</sup>/ha/ciclo.

La Numularia se estableció mediante la técnica de trasplante. Las plantas fueron producidas en vivero hasta alcanzar una altura promedio de 20 cm. El trasplante en campo se llevó a cabo en surcos de 1.5 m de distancia en los que previamente se colocó la cintilla de riego. Los hoyos en los que se trasplantó la Numularia estuvieron ubicados a una distancia aproximada de 15 cm de la cintilla y con una profundidad de entre 15 y 20 cm. Lo anterior fue con el fin de que las plantas recién trasplantadas quedaran en contacto con el bulbo de riego. Aún así, el trasplante se efectuó bajo condiciones de suelo húmedo mediante la aplicación de un riego por gravedad, empleando para ello los surcos de trasplante y una línea superficial de pvc de 4.0" existente en la cabecera de la plantación. La distancia entre plantas fue de 1.0 m, de tal modo que la

densidad de trasplante era de 6,666 plantas/ha. La superficie total destinada para el establecimiento de la plantación fue de aproximadamente 3.0 ha. En total se establecieron 15,000 plantas de Numularia, de las cuales 6,000 se trasplantaron en el mes de septiembre de 2004 y 9,000 en diciembre del mismo año. Cabe mencionar que debido a la fenología de la Numularia en el norte de México, la época más apropiada para llevar a cabo su trasplante bajo condiciones de riego sería de septiembre a diciembre, aunque no se encontró ninguna referencia al respecto. En junio de 2005 se trasplantaron 5,000 plantas de Numularia, de las cuales aproximadamente el 30 % se utilizaron para sustituir las plantas muertas de los trasplantes anteriores, cuyas muertes se debieron al ataque de roedores (ratas, ratones y topes).

*Experimento 1.* Una vez establecida la plantación, el 27 de julio de 2006 se aplicaron ocho tratamientos de fertilización consistentes en dosis crecientes de nitrógeno (0, 60, 120 y 180 kg/ha) y fósforo (0 y 30 kg/ha). Como fuente de nitrógeno se utilizó sulfato de amonio (20.5 - 00) y fosfato monopotásico (00 - 52 - 34) como fuente de fósforo. Los tratamientos de fertilización se aplicaron con tres repeticiones en parcelas de 4.5 x 28 m con tres surcos de plantas de Numularia de 16 meses de edad. Dado que los fertilizantes se aplicaron al voleo, se había planteado el efectuar un riego por gravedad con el propósito de efectuar la fertilización bajo condiciones de suelo húmedo. Sin embargo, dicho riego no fue necesario, ya que en los 30 días subsecuentes al día de aplicación de la fertilización se registró en el área de estudio una precipitación de 131 mm.

En el surco central de cada parcela se marcaron 10 plantas de Numularia seleccionadas al azar: A partir del 27 de octubre del 2006, al final del periodo de evaluación de la respuesta a la fertilización, todas las plantas marcadas fueron totalmente defoliadas. El material cortado (hojas y tallos tiernos) fue secado, pesado y analizado para determinar la disponibilidad de forraje, así como su contenido

de proteína cruda y cenizas, siguiendo la metodología de AOAC (1990) en ambas variables. Los datos derivados del experimento de fertilización fueron analizados con base en un diseño completamente al azar, bajo un arreglo factorial 4X2 (cuatro niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo) y tres repeticiones. La comparación de medias por efecto de tratamientos se llevó a cabo con la aplicación de la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5 %.

*Experimento 2.* Para evaluar la utilización de la plantación de Numularia como banco de proteína para vacas lactantes en pastoreo se manejaron dos grupos de animales: El primero estuvo constituido por 12 vacas paridas de la raza Salers. Estos animales se sometieron a un periodo de adaptación de 15 días contados a partir del 26 de abril del 2006, permaneciendo bajo condiciones de pastoreo en un pastizal mediano abierto. En esa misma fecha, las vacas recibieron un suplemento proteico consistente en 1.5 kg de harinolina por vaca por día. Además de la harinolina, el ganado fue suplementado con sal y minerales a libre acceso. A partir del 10 de mayo del 2006 inició la primera etapa experimental, en la cual los animales siguieron sometidos al mismo esquema de alimentación antes descrito, durante un periodo de 39 días. Las vacas tenían un peso promedio inicial de 465 kg y una calificación de condición corporal de 3.5. Sus crías tenían cuatro meses de edad y un peso promedio de 130 kg.

El segundo grupo de animales estuvo constituido por 12 vacas paridas de la raza Salers, cuya alimentación base también consistió en el pastoreo del ganado en un pastizal mediano abierto. Las fechas de periodo de adaptación e inicio de la primera etapa experimental fueron las mismas para ambos grupos. Las vacas tenían un peso promedio inicial de 490 kg y una calificación de condición corporal de 3.9. Sus crías tenían cuatro meses de edad y un peso promedio de 128 kg.

En contraste con el primer grupo, el

segundo grupo de animales recibió forraje de Numularia como fuente de suplemento proteico. Para tal efecto, vacas y crías tenían acceso a una plantación de Numularia en la cual pastoreaban durante dos horas al día. De la superficie total de la plantación, una extensión aproximada de 1.0 ha fue dividida en tres potreros de igual tamaño con el propósito de efectuar una rotación del pastoreo en la misma. Los animales fueron cambiados de potrero cuando se llegaba al 70 % de utilización del forraje disponible. La utilización del forraje en la plantación fue estimada a través de la técnica de fotos antes y después descrita por Saucedo (1999). La plantación fue manejada bajo las mismas condiciones del experimento 1, con excepción de la fertilización, ya que en el experimento 2 no se aplicaron fertilizantes, debido a que todavía no se disponía de información sobre las dosis a aplicar.

A partir del 19 de junio, una vez concluida la primera etapa experimental, el grupo de animales del tratamiento de harinolina también tuvo acceso a la plantación de Numularia, y siguió pastoreando en el pastizal mediano abierto hasta el 19 de julio del 2006. Estos animales ya no recibieron harinolina, de tal modo que sus requerimientos de proteína fueron suplementados con el forraje de Numularia, obtenido a través del pastoreo.

Como variables de respuesta se midieron los cambios de peso y condición corporal. Para tal efecto, los animales fueron pesados al inicio y al final de cada etapa experimental. Los cambios en la condición corporal de las vacas se determinaron de manera visual con la misma frecuencia que los pesajes, de acuerdo a la escala del 1 al 9 de la técnica reportada por Herd y Sport (1986) en la que un índice de 1 corresponde a una vaca extremadamente delgada y uno de 9 a una vaca obesa. Para evitar posibles sesgos, los cambios en la condición corporal fueron siempre juzgados por dos observadores. En los casos en los que no hubo coincidencias entre observadores, se promediaron las calificaciones. Los pesos

finales de las vacas fueron ajustados por covarianza con respecto al peso inicial y posteriormente analizados con base en un diseño completamente al azar de cuatro repeticiones y la prueba de Tukey para la comparación de medias. Los cambios de pesos de las crías fueron analizados con base en un diseño completamente al azar de tres repeticiones y la prueba de Tukey para comparar las medias. Los cambios de condición de las vacas fueron analizados estadísticamente mediante la prueba de Kruskal Wallis.

También se realizó un análisis económico de la utilización de la plantación de Numularia y su comparación contra la práctica tradicional de suplementación, consistente en el ofrecimiento de harinolina. Para tal efecto, se determinaron los costos de inversión requeridos para el establecimiento de la plantación y se registraron los costos de operación de ambas opciones de suplementación. En el caso del establecimiento de la plantación, se consideraron los costos del equipo de riego para una superficie de 6.5 ha y los costos de operación relativos al manejo de 24 vacas pastoreando durante un periodo de 120 días. Dicho periodo de utilización comprende los meses de sequía dentro del ciclo de máxima producción de forraje de la Numularia, el cual comprende de abril a octubre. En los costos de trasplante se incluyeron los costos de preparación del terreno. En los costos de mano de obra se incluyeron los costos de la mano de obra requerida para la instalación de la cintilla, así como los de riego y manejo del ganado. Los costos de fertilización corresponden a la dosis de 120-30-00. Los costos de suplementación tradicional se calcularon con base en los costos proporcionales de operación para el manejo de 12 vacas y un precio de la harinolina de \$3.20/kg.

## Resultados y discusión

*Experimento 1.* El efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre el contenido de proteína cruda en las hojas y tallos tiernos de la Numularia se muestra en el Cuadro 1. En dicho

cuadro se puede observar que el contenido de proteína cruda se incrementó considerablemente por efecto de la aplicación de fertilizantes, pasando de 16.1 % en el tratamiento testigo (00-00), hasta alcanzar una concentración máxima ( $P < 0.05$ ) de 27.43 % en la dosis de 180-30. En el Cuadro 1 también se puede observar cierta tendencia en el efecto sinérgico del nitrógeno y el fósforo, aunque su interacción no resultó significativa ( $P > 0.05$ ). Los mayores contenidos de proteína cruda se obtuvieron con las dosis más altas de nitrógeno y fósforo. Lo anterior quedó de manifiesto por el contenido de proteína cruda de 20.3 % obtenido con la dosis 180-00, el cual fue menor que el contenido de las plantas fertilizadas con la dosis 120-30 y similar al contenido de la dosis 120-00 y del resto de los tratamientos con menores cantidades de nitrógeno. Estos resultados superan los contenidos de proteína del follaje de Numularia reportados en la literatura (Aganga *et al.*, 2003; El-Shatnawiu y Abdullah, 2004; Guevara *et al.*, 2005). De igual manera, la Numularia sobrepasa el contenido de proteína cruda de forrajes tradicionales como la alfalfa, aún tratándose de variedades de alto valor nutritivo (Núñez, 2000).

El Cuadro 1 muestra los cambios en el contenido de cenizas en el forraje de Numularia como efecto de la fertilización. Se puede observar que, contrariamente a lo que se esperaba, el contenido de cenizas en los tratamientos de mayores dosis de fertilización fue ligeramente menor en comparación al testigo y a las dosis menores, aunque no se encontraron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Aún así, el contenido de cenizas en el forraje Numularia fue muy alto, siendo esta una característica típica de las especies del género *Atriplex* (Aganga *et al.*, 2003). Lo anterior se deriva del hecho de que la mayoría de dichas especies son plantas naturalmente adaptadas o tolerantes a suelos altamente salinos (DAWA, 2004; NSW, 2004). No obstante, el alto contenido de sales en la Numularia no tiene ningún efecto sobre las cualidades organolépticas de la carne o la leche (Hopkins y Nicholson, 1999) y en raras ocasiones causa daños o efectos tóxicos en

los animales, sobre todo si estos tienen acceso a agua fresca (NSW, 2004; Van Niekerk *et al.*, 2004).

**Cuadro 1.** Efecto de la fertilización nitrofosforada sobre el contenido de proteína cruda, cenizas y la disponibilidad de forraje en una plantación de Numularia bajo riego por goteo.

Tratamiento	Proteína cruda %	Cenizas %	Materia seca g/planta
00-00	16.1 c	25.2 a	168.1 a
00-30	17.6 c	27.2 a	169.7 a
60-00	21.2 bc	28.3 a	185.1 a
60-30	20.4 bc	25.7 a	235.4 a
120-00	20.8 bc	27.9 a	147.9 a
120-30	25.5 ab	26.6 a	244.9 a
180-00	20.3 bc	26.4 a	189.1 a
180-30	27.4 a	25.5 a	224.7 a

ab letras diferentes indican diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

La disponibilidad de forraje en las plantas de Numularia con los diferentes tratamientos de fertilización se encuentra en el Cuadro 1. La máxima disponibilidad de forraje se obtuvo con la dosis 120-30 con un promedio de 244.92 g/planta, superando incluso a las dosis de 180-00 y 180-30, cuyos promedios de disponibilidad de forraje fueron de 196.59 y 229.79 g/planta, respectivamente. Sin embargo, debido a la alta variación en la disponibilidad de forraje dentro de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) por efecto de tratamientos de fertilización. En el Cuadro 1 también puede observarse cierta tendencia en el efecto sinérgico del nitrógeno y el fósforo, ya que las disponibilidades de forraje con las mayores dosis de nitrógeno, cuando este se aplicó solo, fueron menores que las obtenidas con las combinaciones de ambos nutrientes. No obstante, tampoco se encontró un efecto significativo ( $P > 0.05$ ) de la interacción del nitrógeno y el fósforo.

Los datos anteriores de disponibilidad de forraje corresponden a plantas de 16 meses de edad post-transplante. Estos indicadores de crecimiento son similares a los resultados encontrados bajo condiciones de temporal, pero en áreas con el manto freático ubicado a 1.0 m de profundidad (Guevara *et al.*, 2005). Un reto

importante en el presente trabajo era el establecer la Numularia en suelos con bajos contenidos de sales, como es el caso de los suelos del área de estudio. A pesar de que el género *Atriplex* son plantas originarias de suelos altamente salinos (DAWA, 2004; NSW, 2004), también es un hecho que especies como la Numularia se desarrollen adecuadamente bajo condiciones de ausencia o de muy bajo contenido de sales (Ramos *et al.*, 2004).

**Experimento 2.** Los cambios de peso en el ganado por efecto del tipo de suplemento ofrecido se muestran en el Cuadro 2. En ese cuadro se puede observar que las vacas de los dos grupos de trabajo mostraron pérdidas importantes de peso durante el periodo de evaluación. La mayor diferencia de peso correspondió a las vacas suplementadas mediante el pastoreo de Numularia, mismas que perdieron en promedio un total de 27 kg. Sin embargo, el análisis estadístico reveló que las medias de ambos tratamientos no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ). Dichas pérdidas de peso pueden tener su explicación en el hecho de que los requerimientos nutricionales, en particular los de energía, no fueran cubiertos por los suplementos ofrecidos, sobre todo considerando que las vacas se encontraban en la etapa pico de la curva de la lactancia (Reynolds y Tyrrell, 2000; Baumann *et al.*, 2004). Sin embargo, independientemente de la suplementación, es circunstancia normal que las vacas bajo condiciones de pastoreo pierdan peso durante la lactancia, sobre todo cuando esta coincide con la época de sequía (Anchondo *et al.*, 2006).

**Cuadro 2.** Cambios de peso (kg) y condición en vacas lactantes<sup>1</sup> y crías de la raza Salers alimentadas con dos tipos de suplemento proteico bajo condiciones de pastoreo en la época de sequía.

Suplemento	10/05/2006			19/06/2006		
	Peso de vacas	Condición de vacas	Peso de crías	Peso de vacas	Condición de vacas	Peso de crías
Harinolina <sup>2</sup>	465	3.5	131	452 a	3.3 a	147 a
Numularia <sup>3</sup>	490	3.9	128	463 a	3.4 a	144 a

<sup>1</sup> Cuatro meses de lactación

<sup>2</sup> 1.5 kg de harinolina por vaca por día

<sup>3</sup> Dos horas de pastoreo al día en la plantación de Numularia  
 Valores con la misma letra no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ )

Las deficiencias nutricionales del ganado pudieron haber sido cubiertas incrementando la cantidad de suplemento, aunque en el caso de la harinolina la cantidad ofrecida sobrepasa la dosis tradicional de 1.0 kg por vaca por día (Chávez *et al.*, 1979). No obstante, con base en el estado fisiológico y peso inicial de las vacas, así como del consumo normal de proteína (3.8 %, base seca) en los pastizales durante la época de sequía, el ganado de este estudio debería haber recibido aproximadamente 1.57 kg de harinolina por día para cubrir las deficiencias de proteína, de acuerdo con lo reportado por Farmer *et al.* (2001).

En el caso del hato suplementado con Numularia, el ganado permaneció dos horas diarias en la plantación porque a partir de ese tiempo el ganado dejaba de consumir el arbusto. El ganado podría tener un acceso vespertino en la plantación a fin de que consumieran una mayor cantidad de forraje de Numularia; sin embargo, esto no sería del todo posible ya que el consumo se ve limitado por los altos contenidos de cenizas en la Numularia (Aganga *et al.*, 2003), además de que implicaría un incremento en las labores de manejo del ganado. Por otro lado, considerando que las pérdidas de peso se debieran mayormente a deficiencias de energía, el incremento en el consumo de Numularia sería de poco efecto, dado que este arbusto tiene un bajo aporte energético (Mirreh *et al.*, 2003; Guevara *et al.*, 2005). Al respecto, Bolaño y Mercado (2004) y Dayenoff *et al.* (2004) señalaron que si bien el forraje de Numularia puede ser utilizado como complemento proteínico en combinación con el pastoreo de pastizales secos o rastrojos de cultivos deficientes en nitrógeno, como alimento único la Numularia no cubre los requerimientos nutritivos del ganado. Por su parte, Casson *et al.* (1996) y Aganga *et al.* (2003) indicaron que el forraje proveniente de las especies de *Atriplex* utilizadas como alimento complementario no debe constituir más del 25 a 30 % de la dieta de ovinos. Los mismos autores señalaron que el alto contenido de sales de este tipo de plantas

es el principal factor determinante de su palatabilidad. Por otro lado, los animales alimentados en plantaciones del género *Atriplex* invariablemente perdieron peso, lo que se atribuyó a un alto consumo de agua requerido para contrarrestar los altos consumos de sodio y potasio, contenidos en el forraje (Atiq-Ur-Rehman *et al.*, 1994; Casson *et al.*, 1996; Wilson, 1996).

A pesar de las pérdidas de peso, el índice de condición corporal de los grupos de vacas no sufrió cambios notables (Cuadro 2). El hato de vacas suplementadas con Numularia perdió cinco décimas de punto en su índice de condición corporal, quedando con una calificación de 3.4, pero este índice final fue prácticamente igual al del grupo de vacas suplementadas con harinolina, cuya calificación tuvo un promedio de 3.3. Aún así, la condición corporal de los dos grupos de vacas se encontraba distante de un índice corporal de 5 a 6, que es el estado mínimo requerido para dar inicio al siguiente ciclo de reproducción (Eversole *et al.*, 2000).

Las crías de los dos tratamientos de suplementación mostraron cambios de peso similares, sin verse afectados por las pérdidas de peso de las vacas (Cuadro 2). Ambos grupos tuvieron una diferencia de peso de 16 kg en 39 días, lo que equivale una ganancia diaria de 410 g. Los pesos finales fueron de 147 y 144 kg para las crías de los tratamientos de harinolina y Numularia, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

Cuando los dos grupos de animales fueron sometidos al pastoreo de Numularia como única fuente de proteína, las vacas que anteriormente fueron suplementadas con harinolina tuvieron una ganancia de peso de 17 kg, pasando de 452 a 469 kg (Cuadro 3). En contraparte, el grupo de vacas que fue suplementado mediante el pastoreo de Numularia tuvo una ligera pérdida de peso, razón por la cual, los pesos finales de ambos grupos resultaron diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ). Lo anterior puede atribuirse a un mayor consumo de Numularia

en el grupo de animales previamente suplementados con harinolina. Estos animales se encontraban ávidos de forraje verde, dado que el periodo de lluvias se inició a partir del 27 de julio y por lo tanto en el pastizal solo disponían de forraje seco. En lo referente al estado general de los animales, ambos grupos tuvieron un índice de condición corporal prácticamente igual ( $P > 0.05$ ), mostrando una tendencia hacia el incremento (Cuadro 3). Aún así, la condición corporal de los dos grupos de animales seguía siendo indeseable, en términos de su posibilidad de entrar en calor y preñarse en los tiempos requeridos.

**Cuadro 3.** Cambios de peso (kg) y condición en vacas lactantes<sup>1</sup> y crías de la raza Salers alimentadas con forraje de Numularia<sup>2</sup> como suplemento proteico bajo condiciones de pastoreo en la época de sequía. Chihuahua, 2006.

Esquema anterior de suplementación	19/06/2006			19/07/2006		
	Peso de vacas	Condición de vacas	Peso de crías	Peso de vacas	Condición de vacas	Peso de crías
Vacas suplementadas con harinolina	452	3.3	147	469 a	3.71 a	169 a
Vacas suplementadas con Numularia	463	3.4	144	461 b	3.75 a	166 a

<sup>1</sup> Cinco meses de lactación.

<sup>2</sup> Dos horas de pastoreo al día en la plantación de Numularia. ab letras diferentes indican diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

Las crías de los dos grupos de vacas mostraron un cambio de peso de 16 kg y no se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en los pesos finales (Cuadro 3). Los pesos obtenidos en las crías son bastante aceptables, ya que son los equivalentes a las ganancias de peso de becerros bajo condiciones de corral o de repasto con suplementación. Por otro lado, es importante considerar que se trata de animales muy jóvenes (seis meses de edad), que se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo y que el periodo de observación correspondió a la época de sequía.

El análisis económico de las dos opciones de suplementación arrojó resultados interesantes (Cuadro 4). Los costos de producción de la plantación de Numularia fueron de \$5.39 por vaca por día, resultando menores en un 21 % en comparación a la suplementación con harinolina, cuyos costos fueron de \$6.85

por vaca por día. Al respecto, es importante señalar que aproximadamente el 60 % de los costos de producción de la plantación de Numularia corresponden a la amortización de la inversión. Por tal motivo, una vez que la inversión haya sido amortizada, los costos de la plantación serán solo los relativos al manejo de la misma. De ese modo, el pastoreo de Numularia constituye una alternativa más barata que la suplementación con harinolina. No obstante, lo anterior solo será posible si la plantación es manejada de manera adecuada, evitando su sobreutilización y procurando sostener o, en su caso, incrementar la densidad de plantas.

**Cuadro 4.** Costos de suplementación de vacas lactantes con dos fuentes de proteína bajo condiciones de pastoreo en la época de sequía.

Concepto	Pastoreo en plantación de Numularia			Harinolina
	Inversión	Amortización	Costo /ha/año	Costo/mes
Pozo agrícola	2,000,000.00	50	5,714.28	
Tubería y filtros	77,822.00	10	1,111.74	
Cintilla	50,415.00	4	1,800.53	
Planta y trasplante	13,332.00	20	666.60	
Cercos	9,000.00	20	450.00	
Fertilización <sup>1</sup>			1,296.00	
Energía eléctrica			3,600.00	
Mano de obra			875.00	437.50
Harinolina				1,728.00
Combustibles				300.00
<b>Total</b>			15,514.16	2,465.50
<b>Costo/vaca/día</b>			\$5.39 <sup>2</sup>	\$6.85 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> (120-30-00)

<sup>2</sup> Calculado con base en 24 vacas pastoreando durante 120 días.

<sup>3</sup> Calculado con base en un precio de la harinolina de \$3.20/kg.

Lo anterior implica aplicar un esquema de utilización semejante al evaluado en este trabajo, el cual contemple un periodo máximo de 120 días por año, con su respectivo sistema de rotación del pastoreo. Desafortunadamente, no se encontraron referencias sobre esquemas de

utilización de plantaciones de Numularia bajo riego. En condiciones de temporal, se recomienda que la plantación no sea pastoreada por más de tres semanas, y que después de la utilización se considere un periodo de recuperación de seis a doce meses (NSW, 2004). Cabe mencionar que varias de las plantas defoliadas al 100 % para fines de determinación de disponibilidad de forraje no sobrevivieron al invierno posterior al estudio (datos no reportados). Lo anterior significa que una sobreutilización de la Numularia no sólo afecta su rendimiento forrajero, sino que también pone en riesgo la sobrevivencia de la plantación. En contraparte, un manejo adecuado de la plantación permitirá su utilización por un tiempo indefinido, aunque no se encontraron referencias al respecto. En el Rancho El Jeromín, municipio de Aldama, existe una plantación de Numularia que ha sido utilizada para la alimentación de ganado desde 1997. A la fecha, dicha plantación se encuentra en buenas condiciones generales y no se aprecian señales de deterioro que pongan en riesgo su aprovechamiento futuro, al menos en un corto plazo (datos sin publicar).

## Conclusiones

La aplicación de fertilizantes mejora la calidad nutricional de las plantaciones de Numularia bajo condiciones de riego por goteo.

El forraje de Numularia puede sustituir a la harinolina como suplemento para vacas lactantes en pastoreo durante la época de sequía, obteniéndose resultados similares en los cambios de peso de vientres y crías lactantes pero con menores costos de producción.

Las vacas participantes en el estudio tuvieron importantes pérdidas de peso en ambas opciones de suplementación, resultando por lo tanto necesario continuar con este tipo de trabajos y solucionar las deficiencias nutricionales implicadas.

Se sugiere evaluar el efecto de incrementar las cantidades ofrecidas de los dos suplementos o, en su defecto, complementarlas con fuentes adicionales de energía, sobre todo en el caso de la Numularia.

Una limitante del trabajo fue que no se determinó el consumo de forraje en el experimento 2, lo cual habría arrojado información valiosa para hacer una mejor interpretación de los cambios de peso en el ganado.

## Literatura citada

- ATIQ-UR-REHMAN, J.B. Mackintosh, J.A. Fortune y B.E. Warren. 1994. Can the voluntary feed intake of wheat straw in sheep be improved by mixing with saltbush pastures? *Proceedings Aust. Soc. Anim. Prod.* 20: 175-177.
- AGANGA, A.A., J.K. Mthetho y S. Tshwenyane. 2003. *Atriplex nummularia* (old man saltbush): a potential forage crop for arid regions of Botswana. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2(2):72-75.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. U.S.A.
- BAUMANN T.A., G.P. Lardy, J.S. Caton y V.L. Anderson. 2004. Effect of energy source and ruminally degradable protein addition on performance of lactating beef cows and digestion characteristics of steers. *Journal of Animal Science.* 82: 2667-2678.
- BEZANILLA, G., C. Villalobos, E. Santos, C. Escobedo, J. Tena. 2006. Prácticas de manejo del agostadero para su conservación y uso eficiente. Memoria de la Primera Jornada de Transferencia Tecnológica de Alternativas de Desarrollo de la Cadena Productiva de Bovinos para Carne. Facultad de Zootecnia-UACH. Chihuahua, México. p. 53-56.
- BOLAÑO, M. y L. Mercado. 2004. Ingesta de *Atriplex nummularia* por cabras criollas en estabulación permanente. <http://www.inta.gov.ar/ramacaida/info/documentos/caprinos/anummula.htm>
- CASSON T.B.E., W.K. Schleuter y K. Parker. 1996. On farm sheep production from sheep pastures. *Proceedings. Aust. Soc. Anim. Proa.* 21: 173-176.
- CHÁVEZ A., M.H. González y L.C. Fierro. 1979. Comparación del uso de la morea, gallinaza, harina de sangre y harinolina en la suplementación invernal de bovinos en pastoreo. *Bol. Pastizales. RELC-INIP-SARH.* Vol. X, No. 1. p. 2-6.
- DAWA. 2004. Salinity tolerance of plants for agriculture and revegetation. [http://www.plantstress.com/Articles/Salinity\\_m/salinity\\_m\\_files/salt%20tol%20australia](http://www.plantstress.com/Articles/Salinity_m/salinity_m_files/salt%20tol%20australia)
- DAYENOFF, P., M. Bolaño y L. Mercado. 2004. Ingesta de *Atriplex nummularia* por cabras criollas en estabulación permanente. <http://www.inta.gov.ar/ramacaida/info/documentos/caprinos/anummula.htm#Resultados>
- EL-SHATNAWI M.K.J. y A.Y. Abdullah. 2004. Composition changes of *Atriplex nummularia* L. under a Mediterranean environment. <http://ingenta.com/isis/searching/ExpandTOC/ingenta?issue=pubinfobike://nisc/rf/2>
- DI MARCO, O.N y M.S. Aello. 1998. Energy cost of cattle walking on the level and on a gradient. *Journal of range Management.* 51: 9-13.
- EVERSOLE, D.E., M. Browne, J. Hall, y R. Dietz. 2000. Body condition scoring in beef cows. Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. U.S.A. Publication No. 400-795.
- FARMER, C.G., R.C. Cochran, D.D. Simms, E.A. Klevesahl. T.A. Wickersham y D.E. Johnson. 2001. The effects of several supplementation frequencies on forage use and the performance of beef cattle consuming dormant tallgrass prairie forage. *Journal of Animal Science.* 79:2276-2285.

- GUEVARA, J.C., L.I. Allegretti, J.A. Paez, O.R. Estevez, H.N. Le Houérou y J.H. Siva Colomer. 2005. Yield, nutritional value, and economic benefits of *Atriplex nummularia* Lindl. Plantation in marginal dryland areas for conventional forage crops. *Arid Land research and Management*. 1: 327-340.
- HERD, D.B. y L.R. Sport. 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. *Texas Agric. Ext. Serv. Bulletin* 1526:1-11.
- HOPKINS D.L. y A. Nicholson. 1999. Meat quality of wether lambs grazed on saltbush (*A. nummularia*) plus supplements or Lucerne (*Medicago sativa*). *Meat Science*. 51: 91-95.
- MEDINA G.G., G. Díaz P., M. Berzoza M., M.M. Silva S., A.H. Chávez S. Y A.D. Báez G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chihuahua. Libro técnico No. 1. INIFAP. 235 p.
- MIRREH, M.M., A.A. Osman, M.D. Ismail, M.S. Al Daraan y M.M. Al Rowaili. 2003. Evaluation of six halophytic shrubs under center pivot sprinkler irrigation. Proceedings of the Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-Arid Zones. Hammamet, Tunisia. p. 293-308.
- NSW. 2004. Old man saltbush. *Atriplex nummularia*. <http://www.ricecrc.org/reader/past-forage-shrubs/dpi484.htm>
- NÚÑEZ H.G. 2000. Valor nutritivo de la alfalfa. En: Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro Técnico No.2. Campo Exp. La Laguna-INIFAP. Matamoros, Coah. p. 163.
- RAMOS J., M.J. López y M. Benloch. 2004. Effect of NaCl and KCl salts on the growth and solute accumulation of the halophyte *Atriplex nummularia*. *Plant and soil*. 259: 163-168.
- REYNOLDS, C.K. y H.F. Tyrrell. 2000. Energy metabolism in lactating beef heifers. *Journal of Animal Science*. 78: 2696-2705.
- ROYO, M., A. Melgoza, J.S. Sierra, R. Carrillo, P. Jurado, R. Gutiérrez y F. Echavarría. 2005. La salud de los pastizales medianos en los estados de Chihuahua y Zacatecas. Conferencia Magistral. II Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. UAZ, INIFAP. Abril 20 y 21 de 2005. Zacatecas, Zac. México.
- SAUCEDO T.R.A. 1999. Producción de forraje y respuesta a la defoliación del chamizo (*Atriplex canescens*) durante la primavera. Folleto científico No. 1. Campo Exp. La Campana-INIFAP. 20 p.
- SAUCEDO, T.R.A. 2003. Guía técnica para el establecimiento y utilización de plantaciones de chamizo. Folleto para Productores No. 10. Campo Exp. La Campana- INIFAP. Chihuahua, Chih. 16 p.
- VAN NIEKERK W.A., C.F. Sparks, N.F.G. Retoman y R.J. Coertze. 2004. Interspecies and location variation in oxalic acid concentrations in certain *Atriplex* species and *Cassia sturtii*. *South African Journal of Animal Science*. 34: 101-104.
- WILSON, A.D. 1996. The intake and excretion of sodium by sheep fed on species of *Atriplex* (saltbush) and *Kochia* (bluebush). *Aust. J. Agri. Res.* 17: 155-163. 

Este artículo es citado así:

Saucedo, R. A., E. Gutiérrez, H. O. Rubio, R. M. Quintana, P. Jurado. 2011: *Uso de plantaciones de Numularia (Atriplex nummularia) bajo riego y fertilización como banco de proteína para el sistema vaca cría. TECNOCENCIA Chihuahua* 5(1): 9-18.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**RUBÉN ALFONSO SAUCEDO TERÁN.** Ingeniero Zootecnista y Maestro en Ciencias en Producción Animal por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Doctorado en Ciencias Ambientales por el Centro de investigación en Materiales Avanzados. Investigador de tiempo completo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y Maestro Invitado del Centro de investigación en Materiales Avanzados. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1, desde enero de 2003. Es coautor de un libro y varios capítulos de libros. Ha publicado diversos artículos sobre pastizales y temas ambientales en revistas nacionales e internacionales.

**ESTEBAN GUTIÉRREZ RONQUILLO.** Ingeniero Zootecnista, Maestro en Ingeniería de los Recursos Hidráulicos de las Zonas Áridas por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Tiene 26 años de servicio ininterrumpido como investigador de tiempo completo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

**HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS.** Terminó su programa Doctoral en New Mexico State University, USA en el año 1989. Fue Investigador Titular en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por 31 años, donde se encuentra ya jubilado. En la actualidad, es Profesor de medio tiempo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y maestro invitado por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV-CONACYT) desde el año 2004. Tiene tres libros publicados y aparece como coautor en 5 más. Tiene alrededor de 60 publicaciones internacionales y 40 nacionales. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y aparece como experto en bioseguridad por la CONABIO.

**REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ.** Ingeniero Zootecnista y Maestro en Ciencias en producción Animal por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en el Departamento de Manejo de Recursos Naturales, Cuerpo Académico: Manejo de Recursos Naturales y Ecología en Consolidación. Área: Hidrología y suelo.

**PEDRO JURADO GUERRA.** Ingeniero Zootecnista por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Tiene Maestría y Doctorado en Manejo de pastizales por Texas Tech University. Es Investigador de tiempo completo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en la Red Nacional de Innovación en Pastizales y Forrajes. Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1, desde enero de 2008 y miembro de la Society for Range Management y de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales. Ha publicado diversos artículos sobre Pastizales en revistas nacionales e internacionales.

# Synthesis of an unconventional cationic surfactant precursor

## Síntesis del precursor de un surfactante catiónico no convencional

KARLA LIZETTE TOVAR-CARRILLO<sup>1,3</sup>, ROSA ALICIA SAUCEDO-ACUÑA<sup>1</sup>, ALEJANDRO MARTÍNEZ-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, FERNANDO PLENGE-TELLECHEA<sup>1,4</sup>, ERASTO ARMANDO ZARAGOZA-CONTRERAS<sup>2</sup>  
Y TAKAOMI KOBAYASHI<sup>3</sup>

Recibido: Agosto 23, 2010

Aceptado: Noviembre 23, 2010

### Resumen

Este trabajo consiste en el desarrollo de un precursor de surfactante catiónico no convencional empleando el método estándar de síntesis de éteres de Williamson. Tratamos de diseñar un nuevo tipo de surfactantes heterogéminis con un espaciador rígido y grupos de cabeza no idénticos en la estructura del surfactante. En la síntesis sugerida establecemos el paso preliminar para la obtención un surfactante con dos anillos aromáticos como espaciador rígido. El precursor sintetizado proporciona a la estructura del surfactante un espaciador rígido debido a la presencia del grupo bifenilo, esperando que el surfactante presente una reducción tanto de la curvatura de los agregados micelares, así como de la concentración micelar crítica (CMC), en comparación con reportes previos, donde emplean surfactantes convencionales. Para establecer los pasos de la síntesis se varía la temperatura en el tiempo de reacción, así como la velocidad de adición del compuesto que contiene el grupo de cabeza, deseado que se pretende añadir a la estructura del surfactante propuesto. Para la caracterización se emplearon las técnicas de espectroscopia de infrarrojo (FT-IR) y resonancia magnética nuclear (RMN).

**Palabras clave:** surfactante, síntesis, precursor, CMC.

### Abstract

The present research is about the development of a precursor of unconventional cationic surfactant by using the standard procedures of the Williamson ether synthesis. It has been intended to design a new type of heterogemini surfactant with a rigid spacer and non identical head groups in the structure of the surfactant. In the synthesis suggested, the preliminary step to obtain a surfactant structure with two aromatic rings as rigid spacer has been established. This synthesized precursor provides with a rigid spacer to the structure of the surfactant due to the presence of a biphenyl group; it is expected that, with this surfactant, it further presents a reduction on both the curvature of micellar aggregates as well as the Critical Micelle Concentration (CMC) in respect of those previous reports where conventional surfactants are used. To establish the steps of the synthesis, the temperature during the time of reaction has been varied, as well as the velocity of addition of the compound containing the head group which is pretended to be added to the surfactant structure proposed. For the characterization, the infrared spectroscopy technique (FT-IR) and the Nuclear Magnetic Resonance (NMR) were used.

**Keywords:** surfactants, synthesis, precursor, CMC.

### Introduction

Gemini surfactants are a new kind of surfactants. They have amphiphiles composed of two identical hydrophobic chains linked with a spacer moiety at the two head groups, (Menger *et al.*, 1991). Since they have amphiphilic behaviour and form micelles, surface properties of Gemini surfactants were studied and described in several reviews (Borse *et al.*, 2006). Many studies have shown that the spacer group has much effect on the properties of the solution in this kind of surfactants. In a comparison with ordinary monomeric surfactants, the CMC of the Gemini surfactants is considerably lower than ordinary surfactants.

<sup>1</sup> UACJ. Instituto de Ciencias Biomédicas. Ave. Anillo envolvente del Pronaf y Estocolmo S/N. Cd. Juárez, Chih. México

<sup>2</sup> CIMAV. Grupo de Polímeros. Miguel de Cervantes. Num. 120. Complejo Industrial Chihuahua, Chih. México

<sup>3</sup> Department of Materials Science and Technology, Nagaoka University of Technology, 1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata 940-2188, Japan

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: Fernando Plenge-Tellechea, fplenge@uacj.mx

A Gemini surfactant with two hydrocarbon chains and two hydrophilic head groups in a molecule is commonly known for exhibiting the following unusual properties: a CMC lower than one or two orders of magnitude, more efficiency in lowering the surface tension of water, the properties of the theoretical bases at a relatively low concentration, comparing with monomeric and ordinary surfactants. Most Gemini surfactants have a symmetrical structure comprising identical hydrocarbon chain lengths and hydrophilic regions. Our current area of interest is a new generation of Gemini surfactants, which would have better properties and unique characteristics in the adsorption and micellization process. In recent research, carried out with Gemini surfactants in which the head groups were chemically non identical, showed good surface-active properties, such as low CMC and high efficiency in lowering the surface tension, and aggregation behavior in the solution.

A new family of materials based on unconventional structure of surfactants is undergoing an exploration in several laboratories. These surfactants present a different structure from the surfactants named geminis. The resulting materials can be self-assembled into both side-chain-like polymers (Edlund *et al.*, 1996). The most recent research on surfactants are focused in obtaining high-performance on areas of high-technology such as electronics, printing, magnetic recording, biotechnology and microelectronics (Lee *et al.*, 1995).

Although cationic surfactant complies with only a small portion of the market, its importance in practical applications continues to grow. It is used as antibacterial, liquid crystals, gene transfection agents, in road repairs, for reactions and in preparation of crystalline mesoporous materials (Esumi *et al.*, 1998).

Conventional surfactants molecules are generally composed of two parts: one polar head and one alkyl chain, incompatible with one another. They are known for their tendency to complete self-association and to develop super

molecular assemblies, called micelles. The formed micelles are of various types, shapes and sizes, such as globular, cylindrical and spherical (Maiti *et al.*, 2000). The characteristics of these aggregates are governed by the molecular structure and the conditions of the solution of the surfactant, in addition to physical parameters (Borse *et al.*, 2006). In recent years, several researchers designed newer molecular structures of surfactants with greater surface activity; these molecules were called bis-surfactants, later, they were called «gemini» surfactants (Menger *et al.*, 2000; Oda *et al.*, 2001). This kind of surfactants is considerably more surface active than the conventional surfactants called «monomeric» surfactants (Li *et al.*, 1991; Rosen *et al.*, 1994), the difference stems from the structure of a conventional surfactant has a single hydrophobic tail connected to an ionic group or polar head group, whereas a gemini surfactant has in a sequence a hydrocarbon chain, an ionic group, a spacer, a second ionic group and another hydrocarbon tail (Zana *et al.*, 1995; Menger *et al.*, 2001). The spacer can be formed of different natures such as short or flexible chains as methylene groups, rigid as stilbene, polar as polyether, and non polar as aliphatic or aromatic groups (Bunton *et al.*, 1971). The ionic groups can be positive as ammonium or negative as phosphate. The majority of geminis have symmetrical structures with two identical polar groups and two identical chains.

Moreover, some unsymmetrical geminis and geminis with three or more polar groups or tails have been recently reported. One type of these unsymmetrical geminis is the bis-quaternary surfactants with a general molecular formula  $C_nH_{2n+1}N+(CH_3)_2 - (CH_2)_m - N+(CH_3)_2C_nH_{2n+1} \cdot 2Br^-$  and are referred as m-s-m DMA (DMA = dimethyl ammonium bromide) surfactants (Srivastava *et al.*, 1998; Deacon *et al.*, 2003). These surfactants possess unique properties in their solution such as very low critical micellar concentration (CMC), high detergency, high solubilization and high surface wetting capability; these properties give them a wide range of applications in diverse areas

such as mining, petroleum, chemical, pharmaceutical industries, and biochemical research. They are also used as preservatives (Bakshi *et al.*, 2005), anticorrosive (Koopal *et al.*, 1995; Sharma *et al.*, 2005) and antimicrobial agents (Menger *et al.*, 1991).

In the early 1990s, (Menger *et al.*, 1991), the term gemini was assigned to these bis-surfactants that have a rigid spacer such as benzene or stilbene. The term was, then, extended to other bis or double tailed surfactants, irrespective of the nature of the spacer. Furthermore, it was examined the effect of the heterocyclic head group and the acetylenic spacer on the aggregation properties of cationic geminis (Menger *et al.*, 2000). Surfactants containing rigid hydrophobic groups are also called unconventional surfactants. The synthesis and behavior of these surfactants have been widely reported, however, the use of this new amphiphiles in the synthesis of polymers through heterogeneous polymerization techniques (emulsion or mini-emulsion) has been hardly studied (Zaragoza *et al.*, 2003). It has been recently reported that this surfactants can be used as potential gene delivery agents. Due to this application, the number of research on the molecular structure and their effect on solution of these surfactants have been increased today because these compounds offer an important tool for different fields as biotechnology, biochemistry, genetics, and molecular biology. The aim of this work and its originality establish the preliminary step of an unconventional cationic surfactant synthesis, with a rigid spacer structure provided from the molecule of bisphenol.

## Materials and Methods

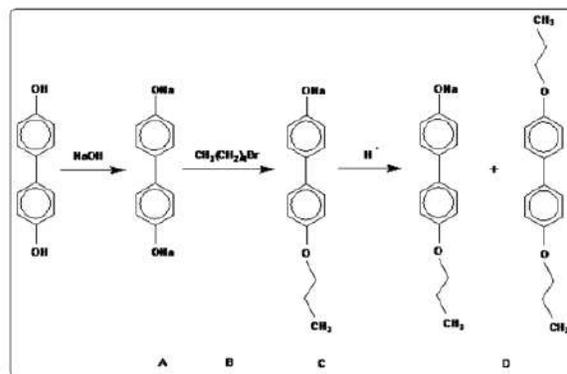
**Synthesis.** The precursor of this surfactant was prepared in two steps, by using the standard procedures of the Williamson ether synthesis (Brandys *et al.*, 1996). In the first step, the starting reactant, 4,4'-bisphenol 97% (Aldrich), was neutralized with two equivalent of 5% (p/v) sodium solution 3-8 mm spheres (Aldrich) in water. 1 equivalent of 1-bromopentane 99% (Aldrich) was dissolved separately in 99.5% ethanol and added

during the refluxing of the wise drop solution, and the refluxing continued for 72 h; the synthesis scheme is shown in Figure 1. The amount of products was registered after changing the time and temperature of reaction, as well as the velocity in which the compound contained the head group of the surfactant.

Most of the bi-substituted product was precipitated during this time and was collected after the mixture cooled at 2°C. The remaining solution contained most of the mono-substituted product. HCl concentrated was added to this solution, upon which an emulsion was formed. The emulsion was stirred for 30 min and then filtered and washed with water three times. The resulting white paste was dried at 80°C during three days. The dried paste was stirred for 20 min in chloroform and then filtered five times (during this step, the entire mono-substituted product was removed from the white paste), and re-crystallized.

In the second step, two equivalents of KOH reagent (Baker) were dissolved into dry methanol, to give a 5% (v/v) solution. The mono-substituted product was added, and a clear colorless solution was obtained on refluxing. An equivalent of 1,6-dibromopentane was added all at once to the refluxing solution. The refluxing continued for 72 h after overnight refluxing, the bi-substituted product precipitated; as a result, the volume of the mixture was reduced. The resulting precipitated product was collected and washed with 99.55% (v/v) of ethanol.

**Figure 1.** Scheme of unconventional cationic surfactant precursor synthesis. A, B, C and D are important steps carried out on the synthesis previously described.



**Analysis.** By using the infrared spectroscopy equipment Perkin Elmer brand GXATR model, infrared spectra were obtained. The <sup>1</sup>H NMR spectra were obtained by JNM GX400 FT-MNR.

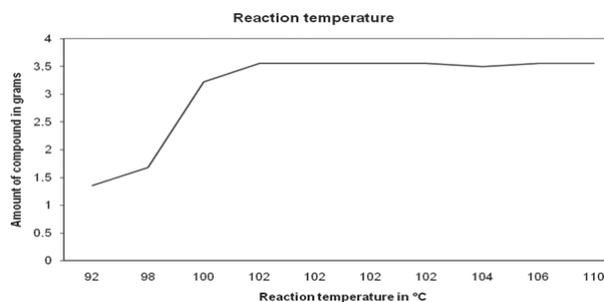
## Results and Discussion

**Synthesis.** To establish the optimum conditions to synthesize the mentioned surfactant, it was necessary to evaluate the effects of the reaction temperature, reaction time, and the adding velocity of the compound, which are going to give the head group to the structure of the surfactant. The analysis of these conditions was based on the impact of the amount of synthesized product. To analyze the effect of change in the conditions of the reaction, the amount of the obtained compound during the synthesis was registered and the interaction between the conditions was examined. The obtained data on the references suggested a starting temperature of 70°C, due to this result, the effect of the temperature was analyzed firstly (Bradys and Bazuin. 1998).

A summary of the results obtained in the experiments is shown below, only with the variation in the reaction temperature (Figure 2). The amount of compound did not change at higher temperatures than 120°C. However, at lower temperatures than 90°C, the amount of compound decreases significantly. This phenomenon could happen because at lower temperature it is more difficult for the molecules of bisphenol to be out of phase when a molecule of a reactant is attached, and more time available makes possible the substitution of the second -OH bond on the molecule, decreasing the amount of mono substituted compound, which is needed for the surfactant structure proposed.

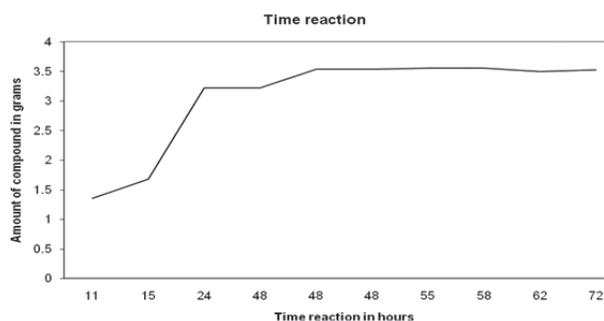
First of all, the effect of the temperature was analyzed as well as the reaction time, leaving constant the temperature at which the maximum of compound was obtained. The minimum time reaction was taken from references (Bradys and Bazuin. 1998).

**Figure 2.** Summary of the amount of compound obtained when the reaction temperature was varying.



Another experiments show the summary of the amount of compound in grams obtained when the time reaction was varying (Figure 3). If the reaction time is less than 48 h the amount of compound decreases and the un-reacted reactant amount increases. If the reaction time is more than 48 h the amount of compound does not change.

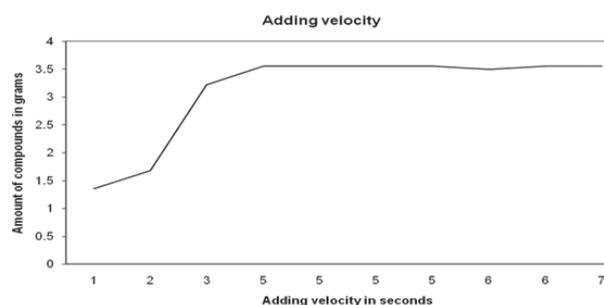
**Figure 3.** Summary of the amount of compound obtained when the time reaction was varying.



Through the bisphenol has two -OH bounds which can participate in the reaction and the main point is obtained the substitution of only one group, it was expected that decreasing the velocity in which the reactant is adding into the reaction the amount of mono-substituted compound will increase. For this, the adding velocity of the reactant was analyzed. It was found that, when the adding velocity decreases the amount of compound increases significantly. This might be, because the number of the molecules in the reactant is lower than the molecules of the bisphenol available, increasing the possibility of reaction of only one -OH bond with the reactant. On the other hand, if the adding

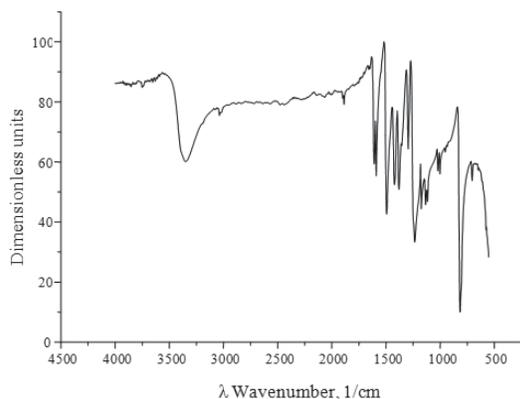
velocity increases the opposite effect is obtained, since the number of molecules in the reactant increases and the second -OH bond can be easily substituted (Figure 4).

**Figure 4.** Summary of the amount of compound obtained when the adding velocity was varying.



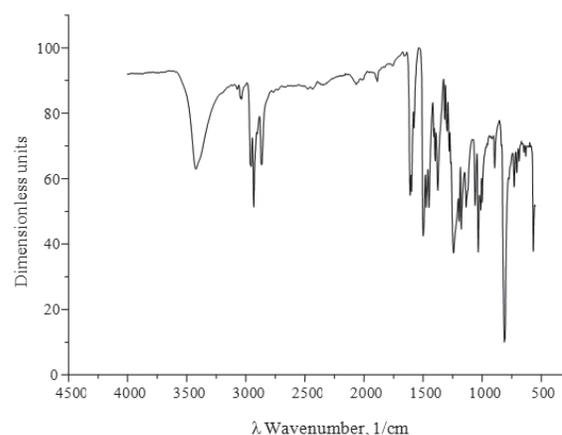
**Infrared Analysis.** The obtained products were filtered and dried to analyze them with infrared spectroscopy. The two important areas for preliminary analysis of infrared spectra are the regions at 4000 – 1300 and 900 – 650  $\text{cm}^{-1}$ . Figure 5 shows the spectra of the starting reactant. This spectrum has illustrated important infrared bands, which are very important for the synthesis. The non-hydrogen-bonded or free hydroxyl group of alcohols and phenols absorbs strongly around 3500  $\text{cm}^{-1}$  region. The C-O stretching vibrations in phenols produce a strong band in the 1200 – 1000  $\text{cm}^{-1}$  region of the spectrum. The C-O stretching mode is coupled with the adjacent C-C stretching vibration. The regions around 1580, 1494, 1100 and 900  $\text{cm}^{-1}$  are typically of bisphenols compounds.

**Figure 5.** Infrared spectra at room temperature of the starting reagent 4,4'-bisphenol.



The results during the infrared spectra of the substitute compound by only one hydroxyl group (Figure 6) show a region near to 3300  $\text{cm}^{-1}$  representing a free hydroxyl group of the molecule. Aromatic C-H stretching bands occur between 3100 and 3000  $\text{cm}^{-1}$ . Skeletal vibrations involving carbon-carbon stretching within the ring, absorb in the 1600-1585 and 1500-1400  $\text{cm}^{-1}$

**Figure 6.** Infrared spectra analyzed at room temperature of substitute compound by only one hydroxyl group.



The decrease of the intensity of the infrared spectrum around 3300  $\text{cm}^{-1}$  of the starting reactant, was caused by the substitution of a hydroxyl group of the molecule. Bands near to 2930  $\text{cm}^{-1}$  are attributed to bonds C-O-C of the nucleophilic substitution between the starting reactant and 1-bromoalcano.

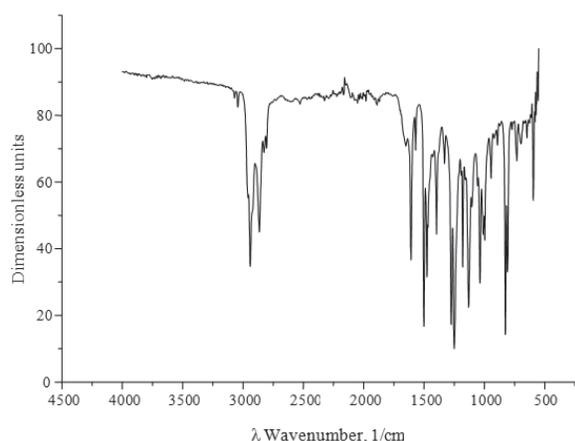
The infrared bands near to 1494  $\text{cm}^{-1}$  involve the next non-aromatic bonds: C-C and C-H. What is more, the region around 809  $\text{cm}^{-1}$  is caused by the substitution of the 4,4-bisphenol; the figure 2 shows a low intensity variation caused by these groups on the molecule. Finally, the appearance of the infrared band near to 590  $\text{cm}^{-1}$  involves stretching C-C and C-H bonds that confirm the substitution on the molecule of bisphenol bond to C-O. This suggest that the interaction of C-O bonding out-of-plane with C-C stretching and the C-H of the aliphatic chain as result of the substitution of the molecule of bisphenol, to analyze the spectrum regions near

to 2930, 1490, 809 and 509  $\text{cm}^{-1}$  reported (Zhao *et al.*, 2007). This experiment also shows the infrared spectra of the sub-product in the first part of the synthesis (Figure 6). In this spectrum it can be appreciated an increase in the intensity of the infrared band near to 2940  $\text{cm}^{-1}$  (Figure 3), in which the C-O-C stretching bonding was involved. This increase is caused by the elimination of the molecule of bisphenol free hydroxyl groups forming bonds C-O-C.

On the other hand, the increase in the intensity of the infrared band near to 1490  $\text{cm}^{-1}$  is attributed to the growing interaction between the C-C and the C-H bonds of the aliphatic chain with the molecule of bisphenol shown in Figure 5, through the elimination of another free hydroxyl group within the molecule.

Another region that support the bi-substitution of the molecule of bisphenol, is the appearance of the infrared bands near to 1034  $\text{cm}^{-1}$ , that involves stretching C-O-C bonding to asymmetric C-O of the compound. Furthermore, the intensity of the infrared band near to 825  $\text{cm}^{-1}$  is attributed to the bi-substitution of the 4,4-bisphenol for aliphatic chains, which intensity shows a low intensity due to the deference of the groups bonding to the molecule of bisphenol. To conclude, the increase of the infrared band near to 590  $\text{cm}^{-1}$  is attributed to the stretching of the C-C and the C-H of the aliphatic chains bonding to the C-O out-of-plane of the bi-substitute molecule.

**Figure 7.** Infrared spectra analyzed at room temperature of substitute compound, substitution of the free hydroxyl groups.



Infrared spectra in figure 7 are similar to infrared spectra in figure 3, due to the aliphatic chains in the molecule of bisphenol. The region near to 2900-2800 represents the stretching C-H of the aromatic ring, and typical stretching bands C-O-C of aril ester compounds. The band near to 1600  $\text{cm}^{-1}$  is attributed to the stretching C=C of the aromatic ring, infrared bands close to 1500  $\text{cm}^{-1}$  are attributed to aliphatic chains bonding to the compounds of bisphenol.

The region near to 1300-1200  $\text{cm}^{-1}$  shows the stretching C-O out-of-plane, this band increases its intensity shown in the spectrum of figure 3. Bands around 1100  $\text{cm}^{-1}$  are attributed to the stretching C-H in-the-plane of the aromatic ring, like in the infrared spectrum (Figure 3). The most important difference between the spectrum in figure 3 and the one shown in figure 4 is the decrease of the bands near to 700 – 500  $\text{cm}^{-1}$ , due to the difference of the aliphatic chain added to the molecule of bisphenol (Chorro *et al.*, 1998).

**NMR analysis.** The obtained products were filtered and re-crystallized twice with diluted ethanol, as a result, 1H NMR spectra by JNM GX400 FT-MNR was obtained.

**Figure 8.** 1H NMR spectra of the substitute compound by only one hydroxyl group.

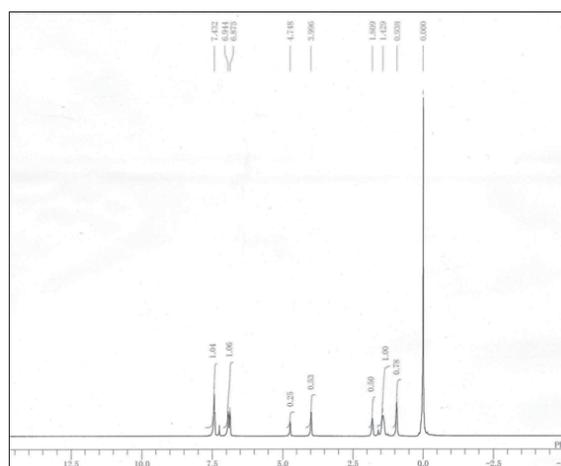


Figure 8 shows the 1H NMR spectra of the obtained compound during the first part on the

synthesis of the surfactant. These spectra show that the analyzed compound has the number of hydrogen expected for the molecule in the first part of the synthesis. This spectrum also shows that the substitutions of the carbons that form the chemical structure of the compound are also the expected on the structure of the substitute compound by only one hydroxyl group during the synthesis (Qiuging *et al.*, 2008).

## Conclusions

It is possible to obtain an unconventional cationic surfactant precursor with rigid spacer by the Williamson ether synthesis.

The reaction temperature has an important effect in the amount of precursor obtained. The most significantly effect of the synthesis was the variation of the adding velocity of the alkyl bromide, the maximum amount of precursor was obtained when the adding velocity decreased.

Due to the presence of hydroxyl groups in the molecule of bisphenol, the formation of bi-substitute product is easily observed. It is possible that the initial reagent molecule became out of phase in order to facilitate the reaction of one hydroxyl group, without the presence of several second reaction products, allowing the substitution on only one -OH bond in the bisphenol structure.

Regarding the summary, we conclude that the reaction conditions to obtain an 80% of product in the first part of the synthesis are a temperature of around 85°C, reaction time of 48 h and one drop added each 5 s. The reaction conditions to obtain 80% from the second part of the synthesis are a temperature above 100°C, and a reaction time of 48 h.

## Acknowledges

To Manuel Roman for technical support. Promep Consolidation Fund for Academic Groups, UACJ 2009.

## References

- BAKSHI, M. S., J. Singh, and G. Kaur. 2005. Antagonistic mixing behavior of cationic Gemini surfactants and triblock polymers in mixed micelles. *Journal of Colloid and Interface Science* 285: 403-412.
- BORSE, M. S., and S. Devi. 2006. Importance of head group polarity in controlling aggregation properties of cationic Gemini surfactants. *Advances in Colloid and Interface Science* 123:387-399.
- BRANDYS, F. A., and C. Bazuin. 1996. Mixtures of an Acid-functionalized mesogen with poly (4-vinylpyridine). *Chemical Mater* 8: 83-92.
- BUNTON, C. A., L. Robinson, J. Schaak, and M. Stern. 1971. Catalysis of nucleophilic substitutions by micelles of dicationic detergents. *Journal of Organic Chemical* 36: 2346-2350.
- CANDAU, S.J., and R. Oda. 2001. Linear viscoelasticity of salt-free wormlike micellar solutions. *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects* 183-185:5-14.
- CARLSSON, I., H. Edlund, G. Persson, B. Lindstrom. 1996. Competition between monovalent and divalent counterions in surfactant systems. *Journal of Colloid and Interface Sciences* 180: 598-604.
- CHORRO, C., M. Chorro, O. Dolladille, S. Partyka, and R. Zana. 1998. Adsorption of Dimeric (gemini) surfactants at the aqueous solution/silica interface. *Journal of Colloid and Interface Science* 199: 169-176.
- DEACON, P., N. Devylder, I. Hill, M. Mahon, K. Molloya, and G. Price. 2003. Organo compounds bearing mesogenic sidechains: synthesis, X-ray structures and polymerization chemistry. *Journal of Organometallic Chemistry* 687: 46-56.
- ESUMI, K., A. Toyoda, M. Gojino, T. Suhara, H. Fukui, and Y Koide. 1998. Adsorption characterization of cationic surfactants on titanium dioxide with quaternary ammonium groups and their adsorbilization. *Journal of Colloid and Interface Science* 202: 377-384
- KOOPAL, L., E. Lee, and M. Bohmer. 1995. Adsorption of cationic and anionic surfactants on charged metal oxide surfaces. *Journal of Colloid and Interface Science* 170: 85-97
- LEE, Y., and K. Woo. 1995. Micellization of aqueous cationic surfactant solutions at the micellar structure transition concentration-based upon the concept of the pseudophase separation. *Journal of Colloid and Interface Science* 169: 34-38.
- LI, M., H. Fu, M. Yang, H. Zheng, Y. He, H. Chen, and X. Li. 2005. Micellar effect of cationic Gemini surfactant on organic/aqueous biphasic catalytic hydroformylation of 1-dodecene. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 235: 130-136.
- MAITI, S., and P. Chatterji. 2000. Aggregation and polymerization of amphiphilic macromonomers with a double bond at the hydrophilic terminal. *Journal of Colloid and Interface Science* 232: 273-281
- MENGER, F. M., and C. Littau. 1991. Gemini-surfactants: synthesis and properties. *Journal of American Chemical Society* 113: 1451-1459.
- MENGER, F. M., J. Keiper, and V. Azov. 2000. Gemini surfactants with acetylenic spacers. *Langmuir* 16: 2062-2067.
- MENGER, F. M., J. Keiper, B. Mbadugha, K. Caran, and L. Romsted. 2000. Interfacial composition of gemini surfactant micelles determined by chemical trapping. *Langmuir* 16:9095-9098.
- MENGER, F. M., and B. Mbadugha. 2001. Gemini surfactants with a disaccharide spacer. *Journal of American Chemical Society* 123: 875-885.

- ROSA, M., M. Moran, M. Miguel, and B. Lindman. 2007. The association of DNA and stable cationic amino acid-based vesicles. *Colloids and surface A: Engineering Aspects* 301: 361-375.
- QIUGING, Y., Z. Qiong, and P. Somasundaran. 2008. NMR study of micellar microstructures of cationic single-chain and Gemini surfactants and their mixtures with nonionic surfactant. *Colloids and Surface A: Physicochemical Engineering Aspects* 322: 40-46.
- ROSEN, M. 1993. Geminis: A new generation of surfactants. *Chemtech* 23: 30-33.
- ROSEN, M., J. Gao, Y. Nakatsuji, and A. Masuyama. 1994. Synergism in binary mixtures of surfactants. Mixtures containing surfactants with two hydrophilic and two or three hydrophobic groups. *Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 88: 1-11.
- SHARMA, V., M. Borse, S. Jauhari, K. Pai, and S. Devi. 2005. New hydroxylated cationic gemini surfactants as effective corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid medium. *Tenside Surfactants Detergent* 42:163-167.
- SRIVASTAVA, S.K., and S. Raghmani. 1998. Micellar reaction of rosaniline hydrochloride carbocations with cyanide and applications of positive cooperativity model of enzyme catalysis. *Journal of Surface Sciences Technology*. 48:48-54.
- ZANA R, H. Levy, D. Papoutsis y G. Beinert. 1995. Micellization of two triquaternary ammonium surfactants in aqueous solution. *Langmuir* 11:3694-3698.
- ZHAO, J., S. Deng, J. Liu, C. Lin, and O. Zheng. 2007. Fourier transform infrared investigation on the state of water in reverse micelles of quaternary ammonium Gemini surfactants C12-s-C12.2Br in n-heptene. *Journal of Colloid and Interface Science* 311: 237-242.
- ZARAGOZA, E.A, and D. Navarro. 2003. On the role of an unconventional rigid rodlike cationic surfactant on the styrene emulsion polymerization. Kinetics, particle size and particle size distribution. *Polymer* 44: 5541-5546. 

Este artículo es citado así:

Tovar-Carrillo, K. L., R. A. Saucedo-Acuña, A. Martínez-Martínez, F. Plenge-Tellechea, E. A. Zaragoza-Contreras and T. Kobayashi. 2011: *Synthesis of an unconventional cationic surfactant precursor*. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 5(1): 19-26.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**KARLA LIZETTE TOVAR CARRILLO.** Miembro de la UACJ desde 2005, actualmente estudiante de doctorado de Nagaoka University of Technology, ha sido profesor de química y auxiliar de laboratorio de química. Ha trabajado en el desarrollo de materiales con fines biomédicos de 2007 a la fecha, contribuyendo a la obtención y caracterización de los mismos. Ha participado en 6 proyectos de investigación y tiene 7 publicaciones en revistas nacionales e internacionales.

**ROSA ALICIA SAUCEDO ACUÑA.** Miembro del Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ, trabaja en el desarrollo y adecuación de materiales con fines biomédicos, contribuyendo con el desarrollo de dos matrices poliméricas que han regenerado con éxito tejido adiposo y muscular en murinos. Es miembro fundador del Consorcio JAP-MEX-USA, miembro del SNI y del CAEC de Diagnóstico Molecular de la UACJ.

**ALEJANDRO MARTÍNEZ MARTÍNEZ.** Tiene una amplia trayectoria en bioquímica y neurociencias. Es miembro de la Sociedad Mexicana de Bioquímica AC, y de la American Society of Neurosciences. En 1991 obtuvo la licenciatura en Biología en la Universidad de Guadalajara (UDG). Obtuvo el grado de Maestría en Neuroquímica en el Departamento de Química de la UNAM en 1994. En 1997, culminó sus estudios de Doctorado en Biología en la Universidad de Murcia, España. Realizó varias estancias académicas de posgrado, entre las que destacan su postdoctorado en la Universidad de California en San Diego (Irving), con una beca de la fundación hispana PEW, culminando en el 2003. El mismo año, ingresó como Profesor Investigador de tiempo completo a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Cuenta con múltiples publicaciones y capítulos de libros, así como dirección individual de tesis de pregrado y de grado. Imparte cátedra de ingeniería genética en el programa de química y bioinformática en la Maestría en Ciencias con orientación en genómica (PNP) y Maestría en Ciencias Químico- Biológicas (PNP).

**LUIS FERNANDO PLENGE TELLECHEA.** Desde 1990 ingresó como becario interno del laboratorio de reproducción en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California. En 1992 culminó sus estudios de Biología en la misma dependencia. Posteriormente realizó sus estudios de Doctorado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Murcia, culminando en 1998. El Dr. Plenge se ha caracterizado por sus estudios bioquímicos en la rama de proteínas asociadas en membranas. Actualmente labora como profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Cuenta con múltiples publicaciones y dirección de tesis de pregrado y de grado. Es actual director en jefe de la revista de ciencias, Ciencia en la Frontera, e imparte la cátedra de Bioquímica en el programa de Biología y de Estructura y función proteínas en la Maestría en Ciencias con orientación en genómica (PNP). Actualmente se encuentra en una estancia Posdoctoral en el Border Biomedical Research de la Universidad de Texas en El Paso desde 2010 al presente, estudiando mecanismos bioquímicos de neurotransportadores.

**TAKAOMI KOBAYASHI.** Miembro del Departamento de Química de la Nagaoka University of Technology. Ha recibido el premio al mejor investigador joven en polímeros de Japón, actualmente es presidente del Consorcio JAP-MEX-USA. Su área de investigación es el desarrollo de materiales poliméricos. Entre los logros más recientes de su equipo de colaboradores es el desarrollo de una nueva técnica de impresión molecular en la preparación de membranas porosas.

# Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua, México

## Endemic and rare cacti of the state of Chihuahua, Mexico

TOUTCHA LEBGUE-KELENG<sup>1</sup>, OSCAR A. VIRAMONTES-OLIVAS<sup>1,4</sup>, RICARDO ABEL SOTO-CRUZ<sup>1</sup>, MIROSLAVA QUIÑÓNEZ-MARTINEZ<sup>2</sup>, SALVADOR BALDERRAMA-CASTAÑEDA<sup>1</sup> Y YADIRA EDITH AVIÑA-DOMÍNGUEZ<sup>1</sup>

*Recibido: Noviembre 10, 2010*

*Aceptado: Febrero 9, 2011*

### Resumen

Las cactáceas son plantas importantes por su endemismo y amplia distribución en el continente americano. El presente trabajo es el resultado de un mega proyecto que tuvo como objetivo principal, inventariar y registrar todas las especies de cactáceas, resaltando las endémicas y raras para generar información actualizada y fidedigna de la riqueza específica en el estado de Chihuahua. Se realizaron recorridos durante tres años en cuatro ecosistemas: matorral, pastizal, bosques templados y tropicales caducifolios. Se establecieron 450 sitios de muestreo, los cuales sirvieron para obtener datos sobre: detección y registro de especies; tipo de vegetación, altitud y obtención de material fotográfico digital de las especies y de comunidades vegetales. Cada sitio de observación es un atributo espacial representado por un par de coordenadas UTM (X,Y), establecido a una distancia predeterminada durante el recorrido y variando en áreas circulares desde 1 km<sup>2</sup> hasta 3 km<sup>2</sup>. Se generaron 2,260 registros de plantas, los que arrojaron 145 taxa, distribuidos en 123 especies y 22 variedades. La distribución de taxa en forma general fue: 63 % en planicies, 22 % en barrancas y 15 % en la Sierra Madre Occidental. El 16 % de estas son especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El 21 % de los taxa son endémicos para Chihuahua y estados colindantes; 7 % son exclusivos de Chihuahua, o sea, su distribución está restringida en la entidad. Es importante implementar programas de manejo, aprovechamiento sustentable y de conservación para crear conciencia comunitaria y evitar la depredación indiscriminada y la posible extinción de estas plantas emblemáticas de este país.

**Palabras clave:** taxa, grupo biológico, especies endémicas y raras.

### Abstract

Cacti are important plants for being endemic and having a wide distribution in the Americas. This paper is the outcome of a large-scale project whose main objective was to inventory and record all cacti species, highlighting those which are endemic and rare, in order to produce updated and reliable information on the species richness in the state of Chihuahua. Field work was conducted for three years in four ecosystems: shrubland, grassland, temperate forest and tropical deciduous forest. More than 450 sampling sites were established to obtain data on: species detection and recording, vegetation type, altitude and obtaining digital photographic material of the species and plant communities. Each sampling site is a special attribute represented by a pair of UTM coordinates (xy), established at a given distance in the field and ranging from 1 to 3 km<sup>2</sup> in circular size. More than 2,260 plant records were obtained and after analysis they yielded 145 plant taxa, consisted of 123 species and 22 varieties. The distribution of taxa, in general, was: 63 % in the plains, 22 % in the temperate area and 15 % in the tropical canyons in the Sierra Madre Occidental. 16 % from the total of the taxa are listed in the Mexican Standard NOM-059-SEMARNAT-2001; 21 % are endemic in Chihuahua, including neighboring states, and 7 % of them are exclusive to Chihuahua, i.e. species whose distribution is strictly restricted in the state. It is important to implement management programs, sustainable use and conservation, to create community awareness and prevent indiscriminate predation and the possible extinction of these emblematic plants of this country.

**Keywords:** taxa, biological group, endemic and rare species.

<sup>1</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Fco. R. Almada Kilómetro 1, colonia Zootecnia. Chihuahua, Chihuahua. Teléfono (614) 434-03-03

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: oviramon@uach.mx.

## Introducción

Las cactáceas forman una de las familias de plantas más representativas de la flora mexicana y un grupo biológico originario del continente americano con 110 a 122 géneros, y de 1,500 a 1,600 especies aproximadamente (Powell y Weedin, 2004); estos autores mencionan que México cuenta con 48 géneros y 563 especies, mientras que Rzedowski (1992) considera que son más, llegando a las 900 (Guzmán *et al.*, 2003) los cuales reconocen 669 especies con 244 subespecies aceptadas con un total de 913 taxa agrupados en 63 géneros, lo que coloca a México como el mayor poseedor de variedad y riqueza de cactáceas a nivel mundial.

Del total de taxa existente en la República Mexicana, cerca de 35 % está en estatus de riesgo y la región noreste alberga la mayor diversidad y endemismo, que desafortunadamente se encuentra amenazada por la mano del hombre. Sin embargo, es en esta zona donde se lleva a cabo el mayor tráfico de especies de cactáceas (UAT, 2008), desafortunadamente, más de la mitad de estas y de aquellas que son mexicanas, están en riesgo de extinción a causa de graves problemas como: deforestación, destrucción de hábitats naturales, apertura de tierras a la agricultura, crecimiento urbano, fenómenos naturales como inundaciones, heladas, plagas nativas, plantas introducidas por el hombre y extracción de ejemplares para su venta en el país y el extranjero como plantas de ornato (Paredes *et al.*, 2000).

Basada en los riesgos por perder a las cactáceas consideradas riqueza nacional, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), expidió la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-1994 (DOF, 2010) que determina cuáles son las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras, y sujetas a protección especial, así como las especificaciones para su protección donde se incluyó un aproximado de 258 especies de cactáceas a nivel nacional (Alanís y Velasco, 2008).

Al encontrarse discrepancias en el uso y aplicación de la Norma Mexicana en 2001, se analizó y publicó la NOM-ECOL-059-2010 (DOF, 2001), la cual especifica las estrategias de protección ambiental en especies nativas en México de flora y fauna silvestre y sus categorías

de riesgo, así como las especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de lista de especies en peligro de extinción. Por lo anterior, un sinnúmero de cactáceas y de otras familias de plantas y animales, empezaron a publicarse en los apéndices de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (Lebgue, 2005).

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue inventariar y registrar todas las especies de cactáceas en el estado de Chihuahua, haciendo resaltar las endémicas y raras para generar una fuente de información actual y fidedigna sobre la riqueza específica existente en este vasto territorio.

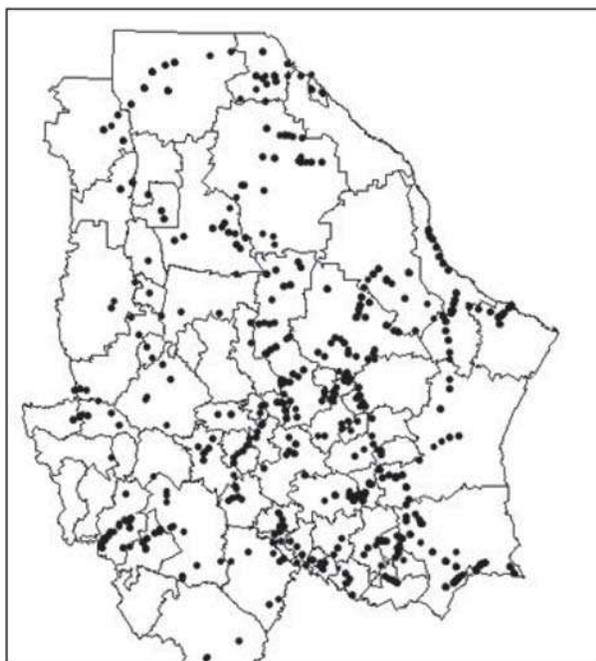
## Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en el estado de Chihuahua en los años 2007 a 2010, cuyas coordenadas extremas son: al norte, 31°47' al sur, 25°38' de latitud norte; al este 103°18', al oeste 109°07' de longitud oeste y con altitud máxima de 3,300 m (cerro Mohinora) y la mínima, menos de 300 m (Cañón de Urique); cuenta con una superficie de 247,938 km<sup>2</sup> convirtiéndolo en el más extenso de México (INEGI, 2003).

Para llevar a cabo este trabajo, se realizaron recorridos en los meses de verano (junio, julio, agosto y septiembre) durante tres años a lo largo y ancho del estado de Chihuahua, acumulando más de 20,000 km sobre los cuatro grandes ecosistemas existentes en el estado: matorral, pastizal, bosques templados y tropicales caducifolios que ocupan una pequeña superficie en las partes bajas de la Sierra Madre Occidental sobre la vertiente del Pacífico.

**Trabajo de campo.** Se establecieron 450 sitios de observación (Figura 1). Cada sitio es un atributo espacial representado por coordenadas UTM (X ,Y) las cuales se determinaron durante recorridos a cierta distancia dependiendo de la heterogeneidad de la vegetación y condiciones edáficas, ya que la presencia o ausencia de cactáceas no solo es factor de asociación vegetal, sino también de tipos de suelos.

**Figura 1.** Distribución de puntos de muestreo de cactáceas en el estado de Chihuahua.



El Cuadro 1 muestra la información de los ecosistemas junto con el porcentaje de la superficie muestreada en cada uno de ellos. Los datos generados en cada sitio de observación fueron: 1) detección de presencia de cactáceas, incluyendo el registro de la especie; 2) tipo de vegetación según la clasificación de INEGI (2010); 3) registro de altitud o elevación del sitio, obtenido por un aparato de localización satelital –GPS- (Global Positioning System) y 4) material fotográfico de cactáceas encontradas y la comunidad vegetal en el sitio. La superficie muestreada en cada sitio varió desde 1 km<sup>2</sup> hasta 3 km<sup>2</sup> a la redonda, dependiendo de la accesibilidad del terreno.

**Cuadro 1.** Superficie muestreada en los ecosistemas del estado de Chihuahua.

Ecosistemas	Superficie en el estado (%)	Superficie muestreada (%)
Matorrales	32	55
Pastizales	24	25
Bosques Templados	29	10
Bosques Tropicales Caducifolios	3	10

## Resultados y discusión

**Riqueza de cactáceas en el estado de Chihuahua.** De 450 sitios muestreados distribuidos en todo el estado, se obtuvieron 2,260 registros de plantas; las cactáceas estuvieron representadas por 145 taxa (grupos) formados por 123 especies y 22 variedades, entre las que se observaron las llamadas normales o comunes, que son las que se encuentran mayormente presentes en los sitios de muestreo y que se observan en los inventarios ya realizados por otras dependencias (DOF, 2010) (Figura 2).

**Figura 2.** *Coryphantha echinus echinus*, una de las cactáceas inventariadas en el estado de Chihuahua (normal).



La distribución de taxa en el estado de Chihuahua fue: 63 %, se localizaron en planicies (ecosistemas de matorrales y pastizales); 22 %, en la región de las barrancas en asociación con bosques tropicales caducifolios y solo 15 %,

prefiere un ambiente más frío, desarrollándose en bosques templados de la Sierra Madre Occidental, donde se observaron algunas de las taxas endémicas (Figura 3).

**Figura 3.** *Echinocereus palmeri* una cactácea inventariada en el estado de Chihuahua (endémica).



De los 256 taxa (194 especies y 62 variedades) de cactáceas existentes en el Desierto Chihuahuense (Powell y Weedin, 2004), Chihuahua sobresale con 145 taxa (57 %), mientras que otros estados que forman parte de este desierto reportan lo siguiente: Texas con 135 taxa (53 %), Nuevo México 88 (34 %); y 221 especies son para los estados mexicanos de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Alanís y Velasco, 2008). En cambio, Paredes *et al.* (2000) reportaron 98 taxa para el estado de Sonora.

El estado de Chihuahua comparte algunas especies de cactáceas con el Desierto Sonorense, siendo 22 taxa que fueron encontradas en algunas zonas del noroeste, oeste y suroeste, especialmente en la región de las barrancas y sierras norteñas en la colindancia con los estados de Sonora, Nuevo México y Arizona, estos dos en Norteamérica.

*Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua.* El endemismo es un fenómeno natural ocasionado por un aislamiento físico y ecológico (Tivy, 1971). Así, las cactáceas endémicas del estado representan un grupo específico de cactus cuya distribución es

restringida y confinada en áreas particulares dentro del territorio estatal o en colindancias con otros estados vecinos; estas especies se vuelven raras en cuanto a la abundancia y diversidad de plantas en general (Figura 4).

Desde el punto de vista eco-evolutivo y para la comunidad científica internacional, estas cactáceas tienen un alto valor para la conservación, ya que la extinción de cualquier especie endémica traería consigo la pérdida en la diversidad genética, la posibilidad de dejar de estudiarlas biológicamente en su transformación evolutiva y los posibles beneficios que el hombre pudiera recibir de estas.

**Figura 4.** *Epithelantha bookei* una cactácea inventariada en el estado de Chihuahua (raras).



De todas las especies encontradas en el estado de Chihuahua (Cuadro 2), sobresalen las 20 primeras (16 %), enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (DOF, 2010) con algún tipo de estatus: Amenazada (A), Rara (R), Peligro de extinción (P), Protección especial (Pr) y Endémica. México tiene 35 % de especies en estatus de riesgo según estudios realizados en la UAT (2008).

Cabe mencionar que la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) incluyó a todas las cactáceas en su Apéndice II, el cual hace referencia a las

especies que no necesariamente están amenazadas de extinción pero que pueden llegar a estarlo, a menos que se controle estrictamente su comercio (CITES, 2009).

En segundo término, están las cactáceas endémicas que se muestran en Cuadro 3, y del total de las especies, el estado de Chihuahua cuenta con 26 de ellas (21 %) encontradas dentro o compartiendo áreas adyacentes con otros estados vecinos como Sonora, Sinaloa, Durango, Coahuila, Texas, Nuevo México o Arizona.

**Cuadro 2:** Especies presentes en el estado de Chihuahua, reportadas en la NOM-059-SEMARNAT- 2010.

Especie	Estatus
<i>Coryphantha poseelgeriana</i> (Dietrich) Britton y Rose	Endémica (A)
<i>Coryphantha ramillosa</i> Cutak	No Endémica (A)
<i>Coryphantha echinus</i> var. <i>robusta</i> A.M. Powell	Endémica
<i>Coryphantha gracilis</i> Bremer y Lau	Endémica y Rara
<i>Echinocactus paryi</i> Engelm.	Endémica (A)
<i>Echinocereus stoloniferus</i> W.T. Marshall	Endémica (Pr)
<i>Echinocereus subinermis</i> Salm-Dyck	Endémica (Pr)
<i>Echinomastus intertextus</i> (Engelm.) Britton y Rose	Endémica (A)
<i>Echinomastus unguispinus</i> (Engelm.) Britton y Rose	No Endémica (A)
<i>Echinomastus warnockii</i> (Benson) Glass y Foster	No Endémica (Pr)
<i>Epithelantha bokei</i> L.D. Benson	No Endémica (A)
<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) Weber ex Britton y Rose	No Endémica (Pr)
<i>Ferocactus hamatacanthus</i> (Muehlenpfordt) Britton y Rose	Endémica (Pr)
<i>Glandulicactus uncinatus</i> (Galeotti ex Pfeiff.) Backeb.	Endémica (A)
<i>Mammillaria barbata</i> Engelm.	Endémica y Rara
<i>Mammillaria senilis</i> Loddiges ex Salm-Dyck	Endémica (A)
<i>Opuntia polyacantha</i> var. <i>arenaria</i> (Engelm.) B.D. Parfitt	Endémica (Pr)
<i>O. polyacantha</i> var. <i>trichophora</i> (Engelm. & Bigelow) J.M. Coulter	Endémica
<i>Opuntia pottsii</i> Salm-Dyck	Endémica
<i>Peniocereus greggii</i> (Engelm.) Britton y Rose	No Endémica (Pr)
<i>Stenocactus multicosatus</i> (Hildmann ex Schumann) Berger ex Backeb y Knuth	Endémica

**Cuadro 3:** Especies de cactáceas endémicas de Chihuahua y áreas adyacentes.

Especies	Especies
<i>Coryphantha chihuahuensis</i> (Britton y Rose) A. Berger	<i>Mammillaria bocensis</i> R.T. Craig
<i>Coryphantha compacta</i> (Engelm.) Britton y Rose	<i>Mammillaria canelensis</i> R.T. Craig
<i>Coryphantha gracilis</i> (Bremer y Lau)	<i>Mammillaria lindsayi</i> R.T. Craig
<i>Echinocactus paryi</i> Engelm.	<i>Mammillaria longiflora</i> (Britton y Rose) Berger
<i>Echinocereus adustus</i> Engelm.	<i>Mammillaria marksiana</i> Krainz
<i>Echinocereus palmeri</i> Britton y Rose	<i>Mammillaria montensis</i> R.T. Craig
<i>Echinocereus stoloniferus</i> W.T. Marshall	<i>Mammillaria saboe</i> Glass
<i>Echinocereus subinermis</i> Salm-Dyck	<i>Mammillaria santaclarensis</i> Cowper
<i>Echinomastus intertextus</i> (Engelm.) Britton y Rose	<i>Mammillaria senilis</i> Loddiges ex Salm-Dyck
<i>Echinomastus mariposensis</i> Hester	<i>Mammillaria standleyi</i> (Britton y Rose) Orcutt
<i>Echinomastus warnockii</i> (Benson) Glass y Foster	<i>Opuntia polyacantha</i> var. <i>arenaria</i> (Engelm.) B.D. Parfitt
<i>Mammillaria auritricha</i> R.T. Craig	<i>Opuntia polyacantha</i> var. <i>trichophora</i> (Engelm. y Bigelow) J.M. Coulter
<i>Mammillaria barbata</i> Engelm.	<i>Opuntia pottsii</i> Salm-Dyck

En el Cuadro 4 se exponen las cactáceas endémicas y las llamadas raras, que son exclusivas del estado de Chihuahua y nueve de ellas (7 % del total), fueron detectadas en el estudio por tener presencia y distribución estrictamente restringida en Chihuahua, transformándolas en especies raras como es reportado por (Craig, 1945; Britton y Rose, 1963; Pilbeam, 1980; Taylor, 1985; Bravo y Sánchez, 1991; Powell y Weedon, 2004; Dicht y Luthy, 2005; Corbett, 2006). Finalmente se encuentran las no enlistadas en la norma; este inventario permitió detectar la existencia de siete especies de cactáceas en territorio estatal que no han sido incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (DOF, 2001) ya que su distribución abarca superficies pequeñas, específicas y restringidas en el estado de Chihuahua. En el Cuadro 5 se muestran cada una de ellas, junto con una breve descripción de su ubicación.

**Cuadro 4:** Especies de cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua.

Especie	Distribución
<i>Coryphantha chihuahuensis</i> (Britton y Rose) A. Berger	Sierras y áreas adyacentes alrededor de la ciudad de Chihuahua.
<i>Coryphantha gracilis</i> (Bremer y Lau)	Restringida en mesetas centrales de los municipios de Valle de Rosario, El Tule, Carichí, Cuauhtémoc y otros.
<i>Echinocactus parryi</i> Engelman	Matorrales de médanos de Samalayuca, en el municipio de Juárez.
<i>Echinocereus adustus</i> Engelman	Mesetas centrales por Belisario Domínguez, Nonoava, San Francisco de Borja.
<i>Echinomastus mariposensis</i> Hester	Matorrales desérticos micrófilos de Villa López, Jiménez, Villa Coronado y Camargo.
<i>Mammillaria barbata</i> Engelman	Solo encontrada en bosques de pino-encino en los municipios de Temósachi y Urique.
<i>Mammillaria lindsayi</i> R.T. Craig	Bosque de pino-encino en los municipios de Ocampo, Moris, Chinipas y Urique.
<i>Mammillaria santaclarensis</i> Cowper	Exclusivo del bosque de pino-encino del cañón de Santa Clara, en el municipio de Namiquipa.
<i>Opuntia polyacantha</i> var. <i>arenaria</i> (Engelm.) B.D. Parfitt	Matorrales de los médanos de Samalayuca en el municipio de Juárez.

**Cuadro 5.** Especies de cactáceas no consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 encontradas en los recorridos por el estado de Chihuahua.

Especie	Localidad en el estado
<i>Coryphantha chihuahuensis</i> (Britton y Rose) A. Berger	Municipio de Chihuahua y áreas adyacentes
<i>Mammillaria auritricha</i> R.T. Craig	Reportada por Craig (1945) para el suroeste del estado.
<i>Mammillaria canelensis</i> R.T. Craig	Municipios del suroeste del estado de Chihuahua.
<i>Mammillaria lindsayi</i> R.T. Craig	Municipios del suroeste del estado de Chihuahua.
<i>Mammillaria montensis</i> R.T. Craig	Municipios del límite con el estado de Sonora.
<i>Mammillaria parensis</i> R.T. Craig	Municipios de Jiménez, Camargo y Manuel Benavides en los límites con Coahuila.
<i>Mammillaria santaclarensis</i> Cowper	Municipio de Namiquipa

Con base en lo anterior, se sugiere realizar estudios rigurosos de tipo bio geográficos y genéticos para documentar cada especie y determinar causas por las cuales no han sido incluidas en la norma, o de lo contrario, si fue una omisión por falta de información pertinente y fidedigna sobre la distribución, legitimidad genética o abundancia, para proponer su posible inclusión en la misma.

## Conclusión

Si bien todas las especies de cactáceas merecen atención especial de parte de los tomadores de decisión, prestadores de servicio ambiental y de la comunidad en general para trabajar en la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las mismas, tanto endémicas y raras, aún lo requieren más por ser únicas en sus requerimientos biológicos y ecológicos. Esta singularidad está reflejada en tener una especiación limitada, área de distribución restringida, hábitat y microclima específicos cuando son comparadas con el resto de las especies. La finalidad de este artículo es hacer hincapié sobre la existencia de estas particulares en los campos chihuahuenses y hacer un llamado a la sociedad en general para tomar conciencia de su presencia y respetarlas y evitar el saqueo indiscriminado, no solo de las cactáceas raras, sino de todas las especies en general.

## Agradecimientos

La elaboración de este trabajo de investigación fue posible gracias a los apoyos financieros del Fondo Mixto Conacyt - Gobierno del Estado de Chihuahua 2006 – 01. A la Universidad Autónoma de Chihuahua a través de la Facultad de Zootecnia y Ecología, por proveer los medios necesarios para la realización de los recorridos en campo y en la recolección de la información de las especies de cactáceas en todo el estado de Chihuahua.

## Literatura citada

- ALANÍS, F. y C. G. Velasco. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el Noreste de México. Ciencia UANL. Vol. XI (001). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
- BRAVO, H. y M. Sánchez. 1991<sup>a</sup>. Las cactáceas de México. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- BRITTON, N. L. and J. N. Rose. 1963. The cactaceae: descriptions and Illustrations of plants of the cactus family. Vol. I and II. Dover Publications, Inc., New York.
- CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE (CITES). 2009. Apéndice II. En línea. Disponible en: [www.cites.org/esp/index.shtml](http://www.cites.org/esp/index.shtml). Accesada: enero 25 de 2001.
- CORBETT, T. L. 2006. *Echinocereus Index*. En línea. Disponible en: <http://www.echinocereus.de/index/index1.htm>. Accesada: 15 de agosto del 2009.

- CRAIG, R.T. 1945. The Mammillaria Handbook. Abbey Garden Press. Pasadena, California.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (DOF). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT; Diario Oficial 2010. Secretaría de Medio Ambiental y Recursos Naturales. México, D.F.
- DICHT, R. F. y A. D. Luthy. 2005. *Coryphantha*. Springer-Verlag Berlin, Germany.
- GUZMÁN, U. S., M. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. UNAM-CONABIO. México.
- INEGI. 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Primera Edición. México.
- INEGI. 2010. Mapa de agricultura y vegetación. En línea. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/chih/agri>. Accesada: Enero 15 de 2010.
- LEBGUE, K. T. 2005. Análisis de las comunidades vegetales de las Barrancas del Cobre, municipios de Batopilas, Urique, Chihuahua, usando un Sistema de Información Geográfica. Disertación Doctoral. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- PARDES, R. A., T. R. Van Devender, y R. S. Felger. 2000. Cactáceas de Sonora, México: su diversidad, uso y conservación. Arizona-Sonora Desert Press. Tucson, Arizona.
- PILBEAM, J. 1980. Mammillaria: A Collector's Guide. Universe Books. New York.
- POWELL, A. M. y J. F. Weedon. 2004. Cacti of the Trans-Pecos and adjacent areas. Texas Tech University Press. Lubbock, Tex.
- RZEDOWSKI, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, In: La diversidad biológica de Iberoamérica I. Gonzalo Halffter (Comp.). Acta Zoológica Mexicana (n.s.) Volumen especial. México.
- TAYLOR, N. P. 1985. The Genus *Echinocereus*. The Royal Botanical Garden, Kew. Londres, Inglaterra.
- TIVY, J. 1971. Biogeography: a study of plants in the ecosphere. Oliver & Boyd Croythorn House. Edingburgh, UK.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS (UAT). 2008. La cooperación internacional como estrategia reguladora de cactáceas en peligro de extinción: Situación de las cactáceas en México. Disponible en: <http://www.turevista.uat.edu.mx/N%FAmero%204/4-cactus-s.htm>. Accesada: Enero 20 de 2010. 

Este artículo es citado así:

Lebgue-Keleng, T., O. A. Viramontes-Olivas, R. A. Soto-Cruz, M. Quiñónez-Martínez, S. Balderrama-Castañeda y Y. E. Aviña-Domínguez. 2011: *Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua, México*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(1): 27-33.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**TOUTCHA LEBGUE KELENG.** Maestro-investigador de tiempo completo con grado de doctor en ciencias en Recursos Naturales por la Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. La licenciatura la realizó sobre el Manejo de Pastizales y la Maestría en Biología Vegetal, ambos grados obtenidos de la Universidad Estatal de Nuevo Mexico, USA. Desarrolla actividades de docencia e investigación; ha publicado más de 20 artículos arbitrados, capítulos en libros, memorias en extenso y varios libros, de los cuales destacan: *La Flora de Fort Stanton*, NM, en 1985; *Gramíneas del Estado de Chihuahua* en sus tres ediciones: 1986, 1991 y 2002; *Manual de Plantas Forrajeras*, en 2005; *Manual Práctico para la Identificación de las Plantas en los Agostaderos de Chihuahua* en 2006; *Manual de plantas para Jardines Desérticos* en 2008; *Buscando a Nelson* en 2009; *Una Guía de las Plantas Silvestres de la Región del Cañón de Cobre* en 2009; *Cactáceas de Chihuahua: Tesoro Estatal en Peligro de Extinción* en 2010.

**OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS.** Realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obteniendo el título de Ingeniero Zootecnista (1981-1985). Cursó la maestría en Producción Animal, en el área de Reproducción y Genética Animal (1991-1993), en la misma institución con mención honorífica. Obtuvo su Doctorado por el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) de 2005 a 2008, con el tema de Disertación «Evaluación de las Propiedades Hidráulicas del Suelo Superficial Aplicando un Modelo de Escurrimiento en la Cuenca del Río Conchos» con mención honorífica. Laboró en el periodo 1986-1995 en la Facultad de Medicina de la UACH, como jefe del Departamento de Animales de Investigación. Ingresó a la Facultad de Zootecnia y Ecología de 1995 a la fecha en diversas áreas (Extensión y Difusión, Planeación, Reproducción y Genética y actualmente en Recursos Naturales y Ecología). Tiene un amplio trabajo editorial en diferentes medios de comunicación (Heraldo de Chihuahua, Norte de Chihuahua, revista el Pueblo de Chihuahua, Chihuahua Moderno, La Opción, NN Noticias en Radiorama de Chihuahua) y revistas científicas arbitradas e indexadas, sobre temas relacionados con el manejo de cuencas y agua. Autor de los libros *La Rabia* y el *Manual para Determinar Erosión del Suelo* a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, Aplicando Tecnología Geoespacial. Colaborador de los cuerpos académicos de Agua y Suelo, en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC y el CA-105 y CA-16 en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Ha sido ponente en varios congresos nacionales e internacionales, con temas relacionados con conservación de cuencas y la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

**RICARDO ABEL SOTO CRUZ.** Maestro investigador de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obtuvo su licenciatura de Ingeniero Zootecnista en 1986 en la misma Facultad. En 1996, obtiene su maestría en Producción Animal con área mayor en Manejo de Pastizales con la tesis «Caracterización de la avifauna del pastizal mediano abierto en la parte central del estado de Chihuahua». Es maestro de tiempo completo en el Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Zootecnia y Ecología. Tiene un área de especialización en Manejo de Recursos Naturales (ornitología). Es autor y coautor de más de 30 artículos, capítulos de libros y memorias científicas. Responsable y colaborador de proyectos de investigación nacionales y extranjeros. Actualmente dirige el proyecto: Los recursos naturales del rancho Teseachic, de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

# Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial

Morphometric of the Nazas-Rodeo river watershed in Durango, Mexico, by geographical technology systems

VÍCTOR M. SALAS-AGUILAR<sup>1</sup>, CARMELO PINEDO-ÁLVAREZ<sup>1,3</sup>, OSCAR A. VIRAMONTES-OLIVAS<sup>1</sup>,  
ALMA D. BÁEZ-GONZÁLEZ<sup>2</sup> Y REY M. QUINTANA-MARTÍNEZ<sup>1</sup>

Recibido: Agosto 17, 2010

Aceptado: Marzo 30, 2011

## Resumen

La información morfométrica de cuencas es necesaria para estimar el potencial erosivo e hidrológico por causas naturales y antropogénicas. El objetivo fue determinar los parámetros de forma, relieve y drenaje de la cuenca del río Nazas-Rodeo, aplicando tecnología geoespacial (TG). El análisis de forma mostró que esta es oval-oblonga-rectangular, que propicia una evacuación rápida de la escorrentía que se genera en la misma. Los datos de relieve presentaron un coeficiente de masividad bajo (0.16), lo que se interpreta como un área montañosa, aunque la curva hipsométrica revela que 49 % de la superficie de la cuenca, presenta relieve de plano a ondulado; la forma de la curva indica que esta se encuentra en estado de vejez y erosionada por factores como intemperismo y eventos geológicos a través del tiempo. La red de drenaje cuenta con seis órdenes de corrientes y la densidad es moderada (0.53 km km<sup>-2</sup>). El tiempo de concentración de una gota de agua desde la parte más alta hasta la llegada a la boquilla de la cuenca es de 17.7 h, considerado como fluido. La TG automatizó los cálculos morfométricos, caracterizando a detalle el relieve y la red hidrológica, permitiendo inferir sobre el estado físico en el que se encuentra la cuenca.

**Palabras clave:** densidad de drenaje, cuenca hidrológica, tecnología geoespacial.

## Abstract

Data on watershed morphometrics are necessary to estimate the hydrological and erosion potential of the anthropogenic and natural phenomena. The objective of the study was to determine morphometric parameters (shape, terrain, drainage) of the Nazas-Rodeo watershed through geospatial technology (GT). The shape analysis showed that the watershed is oval-oblong-rectangular, with rapid rainfall drainage. Although the hypsometric curve showed that 49 % of the watershed area has a plain to undulating terrain, the terrain data showed a low massiveness coefficient (0.16), corresponding to a mountainous area. The shape of the curve indicated the aged state of the area whose erosion, by weathering and geological activity, has produced the current watershed shape. The drainage network has six stream levels and the drainage density is moderate (0.53 km km<sup>-2</sup>) with a rapid concentration time (17.7 h). The TG automate calculations characterizing morphometric detail the topography and the hydrological network, allowing inferences about the physical state which is the watershed.

**Keywords:** drainage density, watershed, geospatial technology.

## Introducción

Una cuenca hidrológica es la unidad utilizada como marco de referencia para la planeación territorial-ambiental de los recursos naturales (Fuentes, 2004) y representa áreas de escurrimiento e infiltración donde el agua de lluvia tiende a ser drenada y que desemboca a ríos, lagos y finalmente al mar. El funcionamiento puede caracterizarse por la relación de su morfología, textura, tipo de suelo y cobertura vegetal (TRAGSA, 1994).

<sup>1</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico R. Almada, km 1 de la carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. Chihuahua, Chihuahua, México. Tel. (614) 434-0303.

<sup>2</sup> Centro de Modelaje, Instituto de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias, Aguascalientes, Ags. México.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: cpinedo@uach.mx.

El estudio morfométrico tiene relevancia porque permite considerar variables de forma, relieve y red de drenaje, que revelan el comportamiento morfodinámico e hidrológico de las cuencas para prevenir percances en casos de excesos de precipitación y ayudar a la planeación del uso sustentable de la misma (Domínguez *et al.*, 2003). Por su parte, Arriaga *et al.* (2009) mencionan que la caracterización de una cuenca es un paso importante para las políticas de administración sustentable, dado que actualmente no se tienen estudios sobre el comportamiento del flujo hídrico y morfométrico que determinen su dinámica (Matter *et al.*, 2009).

La cuenca del río Nazas-Rodeo, ubicada en la Región Hidrológica Nazas-Aguanaval en el estado de Durango, provee 90 % del agua que se consume en la región agrícola de la Comarca Lagunera, y es una de las zonas lecheras más productivas de México (Solís *et al.*, 2006). Actualmente existe una sobre explotación de los recursos naturales, principalmente los mantos acuíferos que tienen que satisfacer la demanda de empresas lecheras de la región; la deforestación y cambios de uso del suelo en la parte alta, que induce un arrastre significativo de sedimentos e influye en la calidad del agua que fluye a la región (Villareal *et al.*, 1998; Descroix *et al.*, 2004).

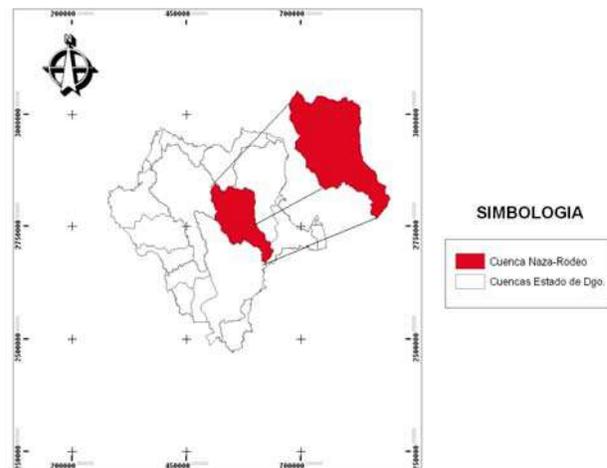
El uso de sistemas de información geográfica (SIG), en particular el análisis de superficies a través de modelos digitales de elevación, representa una alternativa que ha tomado relevancia en estudios de parámetros morfométricos por ser útil para analizar características de un ambiente geomorfológico (Viramontes *et al.*, 2007). La aplicación de tecnología geoespacial (TG), permitirá evaluar el funcionamiento del sistema hidrológico de la región, estimar y almacenar los datos de las características descriptivas del área mediante programas de cómputo en forma coherente y sistematizada; además de ayudar en el manejo y planeación de los recursos naturales de toda la cuenca a bajo costo y menor tiempo.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar las características morfométricas de la cuenca del río Nazas-Rodeo en el estado de Durango, utilizando la TG, para determinar parámetros de forma, relieve y red de drenaje bajo procesos con modelos digitales de elevación y la generación del mapa hipsométrico de la cuenca, útil en la planeación de manejo de recursos de la misma y prevenir desastres naturales como inundaciones por grandes avenidas.

## Materiales y métodos

INEGI (2000) registra que la cuenca del río Nazas-Rodeo, se ubica dentro de la Región Hidrológica Nazas-Aguanaval (RH36); ocupa 9.62 % de la superficie del estado de Durango y se encuentra en las coordenadas geográficas 24° 08' 12.7" y 25° 40' 0.5" latitud norte y 103° 47' 19.5" y 104° 33' 52.2" longitud oeste (Figura 1). Según el Sistema de Clasificación Climatológica de Köppen modificado por García (2004) el clima que prevalece en la región es BS1 Kw(w), semi seco templado con lluvias en verano y escasas en el año; los vientos dominantes provienen de la costa occidental y son los que originan las lluvias principalmente en verano. Finalmente, los tipos de suelo encontrados son: Litosol álcico, Luvisol, Feozem háplico, Xerosol, lúvico y Xerosol cálcico (INEGI, 2001).

Figura 1. Localización del área de la cuenca Nazas-Rodeo en el estado de Durango.



### Caracterización morfométrica de la cuenca

Mediante la interpretación de medidas morfométricas de la cuenca, derivadas del modelo digital de elevación (MDE) escala 1:50,000, se obtuvieron los siguientes parámetros morfológicos de la cuenca, procesados en módulos del programa SIG ARC MAP 9.3:

#### Parámetros de forma.

**Coficiente de compacidad.** Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia, de área igual a la cuenca, también conocido como Coeficiente de Gravelius.

$$CC = \frac{(0.282)(P)}{\sqrt{A}}$$

Donde: CC: Coeficiente de compacidad; P: Perímetro de la cuenca (km); A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

Cuanto más irregular sea la forma de la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Para una cuenca de forma circular su CC=1, en cuanto este coeficiente se aleje de la unidad su forma será más alargada.

a) **Factor de alargamiento.** Se tomó lo propuesto por Horton (1945) donde relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en sentido de su cauce principal entre el ancho de esta, medido perpendicularmente.

$$Fe = Lm/l$$

Donde: Fe: Factor de alargamiento; Lm: Longitud máxima de la cuenca (m) y l: Ancho máximo de la cuenca (m).

#### Parámetros de relieve.

a) **Coficiente de masividad.** Representa la relación entre la elevación media de la cuenca y la superficie. Fuentes (2004) indica que valores bajos corresponden a cuencas montañosas y valores altos son indicadores de zonas llanas

(Cuadro 1). Así mismo, este índice se obtiene con la siguiente fórmula:

$$CM = \frac{\mu}{\sqrt{A}}$$

Donde CM:  $\mu$ : Altura media de la cuenca (m);  $\sqrt{A}$ : Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

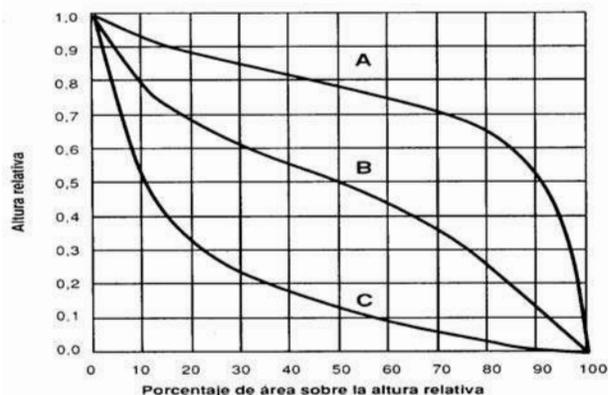
**Cuadro 1.** Valores de masividad aplicados a la cuenca hidrográfica.

Clases de valores de masividad	
Rangos de CM	Clases de masividad
0- 35	Muy montañosa
35-70	Montañosa
70-105	Moderadamente montañosa

(Fuentes, 2004).

b) **Curva hipsométrica.** Se obtiene reclasificando el modelo digital elevación (MDE) en 10 clases, observando la distribución normal de los datos y la superficie acumulada a cada cota altitudinal. Con el análisis hipsométrico se puede evaluar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca (Figura 2).

**Figura 2.** Curvas hipsométricas, características del ciclo de erosión: curva A (etapa juvenil), curva B (madura) y curva C (vejez).



(Campos, 1992).

c) *Pendiente media de la cuenca.* Se obtuvo aplicando la herramienta *surface analysis* y su herramienta *slope*, permitiendo conocer la pendiente media a través de los estadísticos descriptivos que ofrece el programa y que están basados en los datos de clasificación de Saavedra (2001) que se exponen en el (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Porcentaje de pendiente en una cuenca hidrográfica.

Pendiente en porcentaje	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
Mayor a 50	Muy escarpado

Saavedra (2001).

d) *Elevación media.* Se determinó a partir del modelo de curvas de nivel generado por la aplicación *contour* donde se clasifican y analizan los estadísticos descriptivos.

*Parámetros relativos a la red de drenaje.*

e) *Orden de la corriente.* Este índice se obtuvo aplicando lo propuesto por Strahler (1957) desde el comando *hydrology*, con la aplicación *fill* con el fin de corregir imperfecciones que pudiera tener el modelo digital de elevación original; se procedió a estimar su dirección de flujo con el comando *flow direction*, y para derivar la variable en turno se utilizó la herramienta *stream order*. Finalmente, se clasificó el número de orden (Cuadro 3) de flujo descrito por Fuentes (2004).

f) *Densidad de drenaje.* Por la complejidad para digitalizar las corrientes dentro de la cuenca debido a su magnitud, se aplicó este parámetro

tomando en cuenta el orden de las corrientes creado y reclasificado según Durts (2006).

**Cuadro 3.** Números de orden de flujo del agua en la cuenca.

Clases de órdenes de corriente	
1- 2	Bajo
2.1- 4	Medio
4.1- 6	Alto

Fuentes (2004).

Se transformó el archivo *raster* de orden de corrientes a *poli líneas*, de tal forma que quedaran excluidas las primeras 4 ó 5 órdenes de corrientes creadas; por tanto, el formato «*shape*», permitirá conocer la sumatoria de las longitudes de todos los cauces para calcular este índice con la siguiente fórmula:

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Donde: Dd = Densidad de drenaje (km);  $\Sigma L$  = Suma de las longitudes de los cursos que se integran a la cuenca (km) y A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

g) *Pendiente media del cauce.* Para este parámetro se utilizaron datos vectoriales del río Nazas proporcionados por INEGI (2000) con extracción de datos a partir del MDE, y reclasificándolos en porcentajes para ser analizados estadísticamente para obtener la media del cauce principal.

h) *Tiempo de concentración.* Este parámetro se utilizó para obtener el tiempo que dura una gota de agua de lluvia en recorrer, desde la parte más lejana de la cuenca hasta el final de la misma, y se calculó con la ecuación:

$$TC = \frac{4\sqrt{S+1.5L}}{0.8\sqrt{H}}$$

Donde: TC = Tiempo de concentración en horas; S = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>); L = Longitud del cauce principal (km) y H = Elevación media de la cuenca (km).

## Resultados y discusión

### *Parámetros de forma.*

a) *Coefficiente de compacidad.* El área de la cuenca tiene una superficie de 11,670.258 km<sup>2</sup> y un perímetro de 587 km; el coeficiente de compacidad encontrado fue: 1.53. Según la metodología aplicada, define una cuenca oval-oblonga a rectangular-oblonga, lo que indica un menor tiempo de concentración de la cantidad de agua dentro del área de la cuenca y sus escurrimientos pueden ser desalojados por cauces de mayor magnitud.

Estudios realizados por Viramontes *et al.* (2007) encontraron datos similares en la cuenca San Pedro Conchos, Chihuahua, que sugieren que la forma oval-oblonga tiene una mayor rapidez de desalojo del agua de la lluvia, lo que puede ser peligroso en una tormenta repentina. En el caso particular de la cuenca en estudio y en base al comportamiento de las lluvias en el desierto, la característica del drenaje del agua precipitada puede generar avenidas máximas que provocan desbordamientos de cauces y pueden generar desastres en poblaciones importantes dentro de la misma, localizadas a orillas de ríos y arroyos (Arreguín y Terán, 1994).

b) *Factor de alargamiento.* El índice de 2.02 obtenido, corresponde a un área moderadamente alargada (Cottler, 2004); esto indica una dinámica mayor de los escurrimientos a través de los cauces, provocando un arrastre y poder

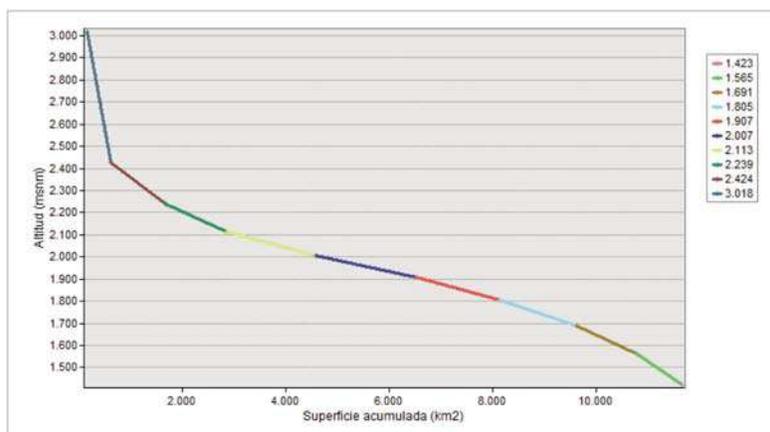
erosivo importante (Descroix *et al.*, 2005), lo que puede generar pérdidas de suelo en la cuenca alta del río Nazas-Rodeo y traer consecuencias en la morfología del terreno aguas abajo, ya que los sólidos podrían invadir y acumularse en lechos de arroyos y ríos, provocando ensanchamiento de cauces y azolve de presas, resultado similar a lo obtenido por Fuentes (2004) donde observaron un incremento del arrastre de sólidos en las zonas del Parque Nacional de Pico en Tancítaro, Michoacán a partir de la obtención de este parámetro, que fue de 2.0.

### *Parámetros de relieve.*

*Coefficiente de masividad.* El valor obtenido fue 0.16, indicando que es una zona montañosa en la parte centro-oeste de la cuenca, donde existen cordilleras pertenecientes a la Sierra Madre Occidental.

a) *Curva hipsométrica.* En la Figura 3 se muestra una pendiente fuerte en el origen de la cuenca y se estabiliza hacia altitudes menores. Lo anterior indica la existencia de llanuras en la parte baja (TRAGSA, 1994) lo que representa un posible peligro de inundación en zonas aledañas al cauce, así como problemas de sedimentación si la cobertura vegetal de la cuenca alta del Nazas no es óptima (Solís *et al.*, 2006). Los municipios posiblemente más afectados serían Rodeo y Nazas, donde fluye el agua del cauce permanente. En el Cuadro 4 se exponen las cotas del terreno en función a la superficie correspondiente.

Figura 3. Curva hipsométrica obtenida en la cuenca río Nazas-Rodeo, Durango.



**Cuadro 4.** Relación hipsométrica en la cuenca Nazas-Rodeo.

Cota altitudinal	Área (km <sup>2</sup> )	Superficie acumulada (km <sup>2</sup> )	Porcentaje área acumulada
3000	9	9	0.77
2620	44	53	0.454
2440	134	187	1.602
2300	271	458	3.924
2160	457	915	7.839
2020	725	1640	14.051
1880	1056	2696	23.099
1760	1685	4381	37.53
1620	2398	6779	58.08
1480	4892	11671	100

Se puede observar que la mayor superficie de la cuenca se distribuye en cotas inferiores a 1,480 msnm y solo 0.77 % representan altitudes superiores a 3,000 m; esta variación altitudinal, influye en la distribución térmica, microclimas, tipo de suelo, precipitación y hábitat existentes (Fuentes, 2004). La forma de la curva hipsométrica indica que esta se encuentra en estado de vejez, tal vez por la influencia constante del viento, agua, cambios en temperatura y actividad tectónica en distintas eras geológicas que han desgastado la superficie de la cuenca.

a) *Pendiente media de la cuenca.* La pendiente promedio fue de 17.66 %, considerada accidentada, tal como lo mencionan Viramontes *et al.* (2007) al encontrar en la cuenca San Pedro, Conchos una pendiente de 17 % que corresponde a superficies accidentadas. En el (Cuadro 5) se exponen los porcentajes de las pendientes encontradas, donde se observa que el 60 % del área se encuentra en terrenos de llanos a accidentado medio, siendo estos utilizados para la agricultura (INEGI, 2000).

*Elevación media.* La altura mínima y máxima de la cuenca oscila entre 1,221 y 3,018 m. Según Torres-Meza *et al.* (2009) el ajuste a

la temperatura de acuerdo a la variación altitudinal, puede influir en la distribución térmica de una región y condicionar el crecimiento y mortandad de especies; la elevación media de la cuenca fue de 1,894 m, lo que puede ser un parámetro que ayude a la comparación con todas las cuencas adyacentes (Guerra y González, 2002).

**Cuadro 5.** Porcentaje de pendiente y superficie acumulada en la cuenca del río Nazas-Rodeo, Durango.

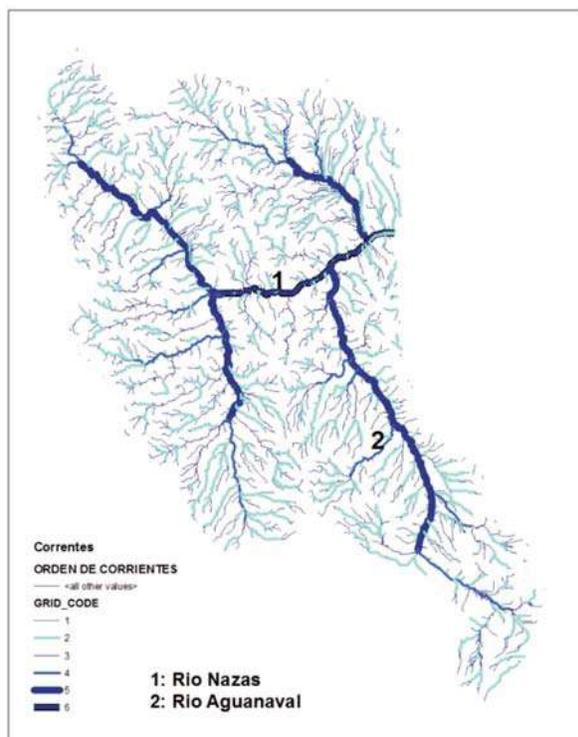
Tipo de terreno	Porcentaje pendiente	Superficie acumulada
Llano	11	11
Suave	31	42
Accidentado medio	18	60
Fuertemente accidentado	23	83
Escarpado	17	100

#### *Parámetros relativos a red de drenaje.*

*Orden de la corriente.* La clasificación automática generó 11 órdenes, sin embargo, de acuerdo con la reclasificación de Durts (2006) se eliminaron los primeros cinco por considerar que sobrestimaban la jerarquía de los cauces y el resto, según Fuentes (2004) corresponde a una cuenca con alto grado de ramificación que sugiere una rápida respuesta al escurrimiento superficial. En la Figura 4, las mayores longitudes y órdenes corresponden a los ríos Nazas y Aguanaval, que son los cauces que abastecen de agua a la Comarca Lagunera.

*Densidad de drenaje.* Debido a la magnitud en la cuenca y a la reclasificación hecha en la variable anterior, se puede considerar que esta está moderadamente drenada, con valor de 0.53 km. Gómez (2003) indica que una cuenca con moderado potencial para evacuar el agua en una tormenta, tarda menos tiempo en drenar la totalidad de la precipitación, reduciendo el tiempo de concentración de la misma. Sin embargo al no tener una estructuración fluvial de gran magnitud, la densidad de drenaje de la cuenca también podría repercutir en una menor capacidad erosiva de los cauces que la conforman (Fuentes, 2004).

**Figura 4.** Orden de corrientes dentro de la cuenca Nazas-Rodeo.



*Pendiente media del cauce principal.* La altura máxima de la cuenca fue de 1,900 m, y su altitud mínima 1,498 m con una media de 1,227 msnm y un porcentaje de pendiente de 5.48 %. De acuerdo con Campos (1992) la zona en estudio corresponde a una superficie de tipo suave sin ser accidentada, por lo que su potencial erosivo debe ser bajo tomando en cuenta la gran longitud de los ríos Nazas y Aguanaval, calculada en 102.49 km y 83.44 km respectivamente.

*Tiempo de concentración.* La cuenca tiene definidos sus cauces principales y cuenta con pocos tributarios de gran longitud, es de suponer que el tiempo transcurrido desde que cae una gota de lluvia hasta que salga por el desagüe principal debe ser rápido, lo que se comprueba por el tiempo de concentración: 17.7 h. Díaz *et al.* (1999) mencionan que tiempos menores de 40 h corresponden a un desalojo de agua veloz, aunque esta relación no corresponde fielmente a lo que se presenta

en la realidad, además de que el tiempo de concentración no es constante (Mantilla *et al.*, 2005), ya que depende de la intensidad de la precipitación.

A lo largo del tiempo, la cuenca ha presentado cuatro avenidas de gran magnitud (1919, 1968, 1991 y 2008); estos eventos han propiciado desastres en zonas de cultivo aledañas al cauce (Agua, 2008). Tres de los cuatro eventos han sucedido después de la construcción de la presa captadora Lázaro Cárdenas (Regueiro, 2006); esto indica que a pesar de la infraestructura creada para el almacenamiento y contención de los escurrimientos superficiales, está condicionada por los eventos de precipitación de diversa intensidad ocurrida a lo largo de los años (González *et al.*, 2006).

## Conclusiones

Los SIG's permiten modelar el flujo morfodinámico de la cuenca en general, los MDE a menor escala determinan a mejor detalle las características de relieve y red hidrológica en menor tiempo y costo en cuencas de gran superficie. Su aplicación puede ayudar a tomar decisiones sobre el manejo de grandes extensiones territoriales donde las cuencas hidrológicas forman parte importante de la dinámica natural y antropogénica de la zona.

La herramienta *hydrology* del programa Arc Map, facilita cálculos referentes a la red fluvial lo que permite inferir acertadamente sobre el estado actual de los cauces de toda la cuenca, automatizando su procedimiento.

La conformación de la red de drenaje en la cuenca del río Nazas-Rodeo, Durango, se encuentra definida debido al potencial dinámico y moderado que tiene para desalojar los escurrimientos en menor tiempo, sobre todo cauces del orden 5 y 6 que junto a la hipsometría, nos hace referencia a extensiones de grandes planicies a lo largo de la misma, lo que influye sobre la presencia de varios microclimas dentro de la zona.

En general la pendiente puede considerarse como accidentada debido al enorme rango de altitud que presenta, lo que influye en escurrimientos importantes o moderados y la escasa vegetación puede provocar el incremento en el arrastre de sedimentos aguas abajo.

Todas las variables morfométricas revisadas en este estudio, indican un grado de vejez importante de la cuenca reflejado en la curva hipsométrica, lo que significa que los grandes valles que se han formado alrededor de la misma han sido por la continua erosión provocada por efectos naturales y antropogénicos a lo largo del tiempo.

Es importante seguir trabajando en estos temas, promoviendo estas metodologías que son necesarias para establecer una radiografía general de las cuencas hidrológicas, importantes para las actividades naturales y humanas, pues en estas se encuentran una invaluable cantidad de recursos naturales.

## Literatura citada

- AGUA. 2008. Centro virtual de información del agua. Disponible en: [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6730:causa-rio-nazas-desalojos-inundaciones-y-caos-en-la-una&catid=61&Itemid=100010](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=6730:causa-rio-nazas-desalojos-inundaciones-y-caos-en-la-una&catid=61&Itemid=100010). Accesado el 12 de enero de 2010.
- ARREGUÍN, M. J. P y A. Terán. 1994. Dos testimonios sobre la historia de los aprovechamientos hidráulicos en México. Comisión Nacional del Agua, México. 118 p.
- ARRIAGA, C.L., V. Aguilar y J.M. Espinoza. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en capital natural de México. CONABIO. 3 (1): 433-457 pp.
- CAMPOS, A. 1992. Proceso del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 1ra ed. San Luis Potosí México: 22-23 pp.
- COTTLER, H y M. Maas. 2004. Protocolo para el manejo integral de cuencas. 1ra ed. INE-SEMARNAT. Publicación Especial: 42-58 pp.
- DESCROIX, L., J.L. González, J. Estrada, D. Viramontes y E. Gautier. 2005. El transporte de sedimentos en la cuenca del Nazas y sus consecuencias hidrográficas en la sierra madre occidental. 143-158 pp, En Rivera-Trejo F. Aparicio-Mijares. Gutiérrez-Lopéz. Mejía-Zermeño R. Sánchez-Ruiz. (Editores) La medición de sedimento en México. Ediciones IMTA-UJAT, Jiutepec, Morelos/Villahermosa, Tabasco, México. 318 pp.
- DESCROIX, L., J.L. González y J. Estrada. (Editores). 2004. La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada. Ediciones INIFAP-IRD. Gómez Palacio, Durango, México. 300 p.
- DÍAZ, C., K. Mamado, A. Iturbe, M. Esteller y F. Reyna. 1999. Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con ayuda de los SIG y MDE: Curso río Lerma: Toluca, Edo de México. *Ciencia Ergo Sum*. 6 (2). UAEM. 124-134 pp.
- DOMÍNGUEZ, F.F., A. Gómez y A.F. Gómez. 2003. El análisis morfométrico con sistemas de información geográfica, una herramienta para el manejo de cuencas. Instituto de investigaciones sobre los recursos naturales. Morelia, México.
- DURTS. K. 2006. ArcGIS v 9.1 Hydrology & Predictive Streams. [www.enhancedinventory.com/Recursos/ArcGIS%20v%209%20Hidrologia.Pdf](http://www.enhancedinventory.com/Recursos/ArcGIS%20v%209%20Hidrologia.Pdf)
- FUENTES, J.J. 2004. Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio en el Parque Nacional de Pico de Tancitaro. INECOL. Publicación especial: 47 p.
- GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- GÓMEZ, E. J. 2003. Restauración hidrológico-forestal de la cuenca del embalse de Cuevas de Almanzora. E.t.s. de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. España. Publicación Especial. 200 p.
- GONZÁLEZ, G.C., J. Estrada., J.L. González, C.I Sánchez y S. Castillo. 2006. Análisis de los factores que afectan la relación precipitación-escurrimiento en una zona semiárida en el norte de México. *TERRA Latinoamericana* 1 (3): 337-345 pp.
- GUERRA, F. y González. J. 2002. Caracterización morfométrica de la cuenca en la quebrada La Bermeta. *Geoenseñanza*. 1 (3): 88-108
- HORTON, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. America Bull.* 56: 275-280.
- INEGI. 2000. Anuario estadístico del estado de Durango. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav/default.aspx?proy=ae&edi=2009&ent=10>. Accesado el 23 de marzo de 2010.
- MANTILLA, R., O.J. Mesa y G. Poveda. 2005. Geometría, topología y morfometría de las cuencas Magdalena-Cauca a partir de modelos digitales de elevación, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín: 2-10.
- MATTER, M.A., L.A. García, D. A. Fontane and B. Bledsoe. 2009. Characterizing hydroclimatic variability in tributaries of the Upper Colorado River Basin. *Journal of Hydrology*. 380 (3): 260-276.
- REGUIERO, T. M. 2006. Paquete interactivo de simulación hidrológica de funcionamiento de una presa de almacenamiento. Tesis licenciatura. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de la América Puebla. México. 115 p
- SAAVEDRA, J 2001. Planificación ambiental de los recursos forestales en la región de la Araucanía, Chile. Definición de las unidades homogéneas de gestión. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 342 p.
- SOLÍS, M.R., E.J. Treviño, J.J. Jiménez y E. Jurado. 2006. Análisis de la cubierta vegetal de la cuenca alta del río Nazas en Durango, México. *Rev. Chapingo: Serie de Ciencias Forestales y de Ambiente* 12 (04): 139-143.
- STRAHLER, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed morphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, 38: 913-920 pp.
- TORRES, M.J., A.D. Báez., P.L. Maciel., G.E. Quezada y J.Sierra. GIS-based modeling of the geographic distribution of *Quercus emoryi* Torr. (fagaceae) in Mexico and identification of significant environmental factors influencing the species distribution. *Ecological Modelling*. 220 (24): 3599-3611
- TRAGSA. 1994. Restauración hidrológico forestal de las cuencas y control de erosión. Mundiprensa. Madrid, España: 901 p.
- VILLARREAL, G.J.R., A. Aguilar y A. Luévano. 1998. El impacto socioeconómico de la ganadería lechera en la región lagunera. *Rev. Mexicana de Agronegocios*. Vol. 3: 12-19.
- VIRAMONTES, O.O., L.F. Escoboza, C. A. Pinedo, A. A. Pinedo. V. M. Reyes, J.A. Román y A. Pérez. 2007. Morfometría de la cuenca del río San Pedro Conchos, Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua*. 1 (3): 21-31 pp. 

Este artículo es citado así:

Salas-Aguilar, V. M., C. Pinedo-Álvarez, O. A. Viramontes-Olivas, A. D. Báez-González y R. M. Quintana-Martínez. 2011: *Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo aplicando tecnología geoespacial en Durango, México. TECNOCENCIA Chihuahua* 5(1): 34-42.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**VÍCTOR MANUEL SALAS AGUILAR.** Es egresado de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) en 2008. Fue asesor en servicios forestales en 2009. Participa en proyectos técnicos en modelación hidrológica a la fecha. Actualmente realiza la maestría en Producción Animal en el área mayor en Recursos Naturales en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

**CARMELO PINEDO ÁLVAREZ.** Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista, por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó estudios de posgrado en la Facultad de Contaduría y Administración (UACH), obteniendo en 1986 el grado de Maestro en Manejo de Recursos Humanos. En el año de 1998, finalizó su programa doctoral en la Facultad de Zootecnia (UACH), otorgándosele el grado de Doctor in Philosophy con especialidad en Manejo de Recursos Naturales. Desde 1999 labora en la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Es autor y coautor de numerosos artículos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales. Ha participado como ponente en numerosos congresos científicos y como evaluador de proyectos de investigación y programas educativos. Como profesor, ha dirigido numerosas tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Durante su vida profesional ha sido distinguido con diversos reconocimientos por su productiva labor científica; siendo las principales áreas de especialización el monitoreo de recursos naturales y sistema de información geográfica.

**OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS.** Realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obteniendo el título de Ingeniero Zootecnista (1981-1985). Cursó la maestría en Producción Animal, en el área de Reproducción y Genética Animal (1991-1993), en la misma institución con mención honorífica. Obtuvo su Doctorado por el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) de 2005 a 2008, con el tema de Disertación «Evaluación de las Propiedades Hidráulicas del Suelo Superficial Aplicando un Modelo de Escurrimiento en la Cuenca del Río Conchos» con mención honorífica. Laboró en el periodo 1986-1995 en la Facultad de Medicina de la UACH, como jefe del Departamento de Animales de Investigación. Ingresó a la Facultad de Zootecnia y Ecología de 1995 a la fecha en diversas áreas (Extensión y Difusión, Planeación, Reproducción y Genética y actualmente en Recursos Naturales y Ecología). Tiene un amplio trabajo editorial en diferentes medios de comunicación (Heraldo de Chihuahua, Norte de Chihuahua, revista el Pueblo de Chihuahua, Chihuahua Moderno, La Opción, NN Noticias en Radiorama de Chihuahua) y revistas científicas arbitradas e indexadas, sobre temas relacionados con el manejo de cuencas y agua. Autor de los libros *La Rabia* y el *Manual para Determinar Erosión del Suelo* a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, Aplicando Tecnología Geoespacial. Colaborador de los cuerpos académicos de Agua y Suelo, en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC y el CA-105 y CA-16 en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Ha sido ponente en varios congresos nacionales e internacionales, con temas relacionados con conservación de cuencas y la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

**REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ.** Ingeniero Zootecnista y Maestro en Ciencias en producción Animal por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en el Departamento de Manejo de Recursos Naturales, Cuerpo Académico: Manejo de Recursos Naturales y Ecología en Consolidación. Área: Hidrología y suelo.

# Estrategia y educación superior

## Strategy and higher education

JULIO CÉSAR LÓPEZ-DÍAZ<sup>1,2</sup>, ANA MARÍA ARRAS-VOTA<sup>1</sup>,  
DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA-BARRIOS<sup>1</sup> Y OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>

### Resumen

En los últimos años, la gestión organizacional ha cambiado radicalmente, y con ella, la forma de conducir a las organizaciones contemporáneas. Las universidades públicas presentan características distintivas en su origen y propósitos. Pero desde el concepto de la *estrategia* y los procesos con los que esta se relaciona ¿son diferentes? Y si lo son ¿en qué aspectos y qué tanto son diferentes? El objetivo de este ensayo es revisar los conceptos e implicaciones de la *estrategia*, el *pensamiento* y la *planeación* en las universidades públicas.

**Palabras clave:** pensamiento estratégico, planeación estratégica, universidades públicas.

### Abstract

In the last years, the organizational management has changed radically, and with this, the form to lead the contemporary organizations. Public universities present distinguishing characteristics in their origin and intentions. But from the concept of *strategy* and related processes, are they different? If so, in what aspects and what as much they are different? The objective of this essay is to review the concepts and implications of the *strategy*, *strategic thought and planning* in the public universities.

**Keywords:** strategic thinking, strategic planning, public universities.

«Cogito ergo sum»

René Descartes

### Introducción

La educación permanece como una piedra angular para el desarrollo humano, avanzarla no es tarea fácil, pero tampoco imposible. En los últimos años, la gestión organizacional ha cambiado radicalmente, y con ella, la forma de conducir a las organizaciones contemporáneas. Tal cambio implica la modificación de los modelos mentales en las organizaciones, como condición *sine qua non* para que estas perciban su realidad desde ángulos diferentes y actúen en consecuencia, con el objeto de lograr mejores resultados. En comparación con otras organizaciones, tales como las empresas, es obvio que las *universidades públicas* (UP) presentan características distintivas en su origen y propósitos. Pero desde el concepto de la *estrategia* y los procesos con los que esta se relaciona ¿son diferentes? Y si lo son ¿en qué aspectos y qué tanto son diferentes?

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Ciudad Universitaria s/n. Chihuahua, Chih., México C.P. 31310. Tel. (614) 4391844.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: julio.lopez@uach.mx

El objetivo de este ensayo es revisar los conceptos e implicaciones de la *estrategia*, el *pensamiento* y la *planeación* en las universidades públicas, vistas como organización y no como sistema de educación. Para ello, se seleccionan y examinan aportaciones relevantes en la literatura, y a partir de ellas, se elaboran ideas y cuestionamientos que solo pretenden contribuir al diálogo académico, si se les concede algún valor.

## El concepto de *estrategia*

La literatura presenta múltiples definiciones, enfoques y posiciones sobre la *estrategia*, lo que ocasiona dos dificultades: comprender su significado y su relación con otros conceptos y procesos organizacionales. *Estrategia* proviene del griego *strategos*, que significa el «arte de dirigir ejércitos o las operaciones militares» haciendo uso eficaz de los recursos (Diccionario de la Lengua Española, 2001; Bracker, 1980). Hace poco más de seis décadas, Von Neumann y Morgenstern introdujeron formalmente la idea de *estrategia* en la literatura empresarial (Zinkhan & Pereira, 1994), y en su adaptación al contexto organizacional se ha definido como un *medio* o *curso de acción*, como el *hilo conductor* entre las actividades de la empresa y los mercados (Ansoff, 1965), o como *planes competitivos* que se basan en el análisis *hacia adentro* (la organización) y *hacia afuera* (el entorno), a partir de la inteligencia competitiva recabada del mercado y la memoria organizacional, para lograr un posicionamiento favorable (Osborne, 1998; Weick & Quinn, 1999; Sabherwal & Becerra-Fernández, 2003; Johnson, 2005).

Mintzberg (1978) señala que en las teorías de juegos, militar y gerencial, la estrategia es vista como *explícita*, desarrollada *conscientemente* y *con propósito*, elaborada *antes* de las decisiones específicas a las cuales aplica, y que en la terminología común, se concibe como un *plan*. En desacuerdo, redefinió la estrategia como «el patrón de una serie de acciones que ocurren en el tiempo» (Mintzberg & Waters, 1985, p. 257), esto es, que si la

organización exhibe consistencia en una secuencia de acciones, entonces habría formado una estrategia. Como se observa, su punto de vista enfatiza la *acción* y no el *análisis*, de manera que la organización tendría una estrategia aún y cuando aquella no hiciera planes (Mintzberg, 1995).

Mintzberg (1985) opina que la estrategia *realizada* por una organización se compone de dos estrategias complementarias: la *intencionada* (deliberada) y la *no intencionada* (emergente), esta última incorpora procesos sociales que van más allá de la toma deliberada y explícita de decisiones (Steensen y Sánchez, 1998). En las aportaciones de Mintzberg se identifican dos procesos estratégicos, relacionados pero diferentes: *formulación* y *formación*. *Formulación* se refiere a las decisiones tomadas *a priori* de su implementación, provienen del proceso formal de planeación y se expresan en un plan (estrategia *intencionada*). *Formación* es un proceso más amplio y totalizador, incluye a la formulación pero también integra las decisiones o acciones tomadas a través del tiempo, durante la operación cotidiana de la organización en su relación con el entorno (estrategia *emergente*).

Reconocer y distinguir ambos procesos es necesario, pues tiene implicaciones conceptuales y prácticas para la generación de estrategias. ¿Las UP reconocerán la existencia de estos procesos?, si fuera así, ¿harán una distinción entre ellos? La presunción es que no se reconocen, y por lógica, tampoco se distinguen. En el mejor de los casos, serían concebidos como sinónimos. Al parecer, en las universidades la estrategia se comprende todavía como el resultado de un proceso de *formulación* que culmina en el *plan*, dado que la planeación ha tenido un lugar preponderante, y quizás, se ha deificado como fuente única para la «creación» de la estrategia institucional. Comúnmente, los procesos formales de planeación estratégica se llevan a cabo solo una vez y al inicio de las administraciones universitarias. Es cierto que dentro de un mismo periodo administrativo se elaboran planes

operativos anuales, pero no podrían ser considerados estratégicos pues solo hacen operacional la estrategia *intencionada* o *el plan*. Planeación estratégica no es sinónimo de planeación operativa. Entonces ¿Cómo y cuándo se integra la estrategia *emergente*? De acuerdo al pensamiento de Mintzberg, se integraría «naturalmente» en la acción cotidiana, pero «formalmente», parece que se institucionaliza hasta el próximo periodo administrativo, que pueden ser de hasta seis años, donde ocurre el siguiente ejercicio estratégico. Siendo así, las universidades públicas no podrían evaluar su estrategia *realizada*, solo estarían en condiciones de evaluar la *intencionada*, es decir, su plan.

### El sentido de la estrategia

Wall y Wall (1995) proponen que el significado militar de la estrategia no aplica a las organizaciones modernas, y que verla desde esa perspectiva sería engañoso. Esta afirmación podría no ser del todo cierta. Si bien las organizaciones no se conforman por generales y soldados, la estrategia implica también un sentido de competencia y, más profundamente quizás, de supervivencia. Menospreciar tal sentido podría ser desastroso para las organizaciones actuales. La empresa no lo ha perdido, es evidente en su forma de «pensar y actuar», pues reconoce la necesidad de ser superior a los competidores, so pena de desaparecer del negocio. En el contexto empresarial, la estrategia refiere a la idea de cómo competir utilizando los recursos eficientemente, con el fin de crear valor. Sus principales propósitos son evidentes y relativamente fáciles de evaluar, *rentabilidad* y *crecimiento económico*, tal claridad ha permitido desarrollar una gran variedad de modelos, procesos, métodos y herramientas gerenciales propias, con enfoque competitivo y hacia resultados.

Como concepto, la estrategia existe en el contexto académico, y aunque esta no es unívoca, su significado es todavía demasiado ambiguo. Su adaptación ha sido *sui géneris*, en

múltiples formas y situaciones, y con frecuencia su uso es incorrecto, cuando se aplica a acciones operativas o a programas y proyectos particulares. ¿Las UP reconocerán el sentido de supervivencia de la estrategia? La respuesta más atractiva es que no se reconoce, pues la probabilidad de que estas «desaparezcan» como instituciones, es percibida como «baja o prácticamente nula», y al no ver amenazada su existencia, el resultado es un desempeño competitivo insatisfactorio.

### Pensamiento y planeación, desde la perspectiva estratégica

La planeación es un proceso reconocido en las universidades, sin embargo, el pensamiento estratégico se subestima. Comúnmente son confundidos o usados como sinónimos, y peor aún, en ocasiones el pensamiento estratégico es definido como una herramienta específica tal como el «FODA» (Liedtka, 1998; Bonn, 2001). *Pensamiento* proviene del latín *cogitatio*, que significa la actividad mental o espiritual, en particular, la actividad racional o discursiva. Partimos de una premisa: no todos los conceptos pueden ser calificados como estratégicos. Al adjetivar un pensamiento como «estratégico», se reconoce la existencia de otras formas de pensar. Según Albornoz (1999), el pensamiento *convencional* (tradicional) es un razonamiento basado en la linealidad y la repetición, es automatizado, de respuesta previsible, y aplica una norma permanente ante situaciones similares. En contraparte, el pensamiento *estratégico* es un razonamiento interactivo que desarrolla inteligencia a través de la práctica, se enfoca hacia el desarrollo de soluciones nuevas e innovadoras (Pérez de Cepeda, s.f.) y hacia el entendimiento e interpretación del entorno (Robles *et al.*, 2010). Se aplica a sistemas y problemas complejos, reduce la incertidumbre y los riesgos, y maximiza las oportunidades para que una iniciativa sea exitosa a través de un conjunto ordenado de procedimientos de análisis y aprendizaje (Loehle, 1996; Wells,

1998; Castañeda, 2001; Jiménez *et al.*, 2004); es una actividad, hábito, actitud y cultura orientados a ser preactivos, que se apoya por el contexto y diálogo organizacional y que permite observar la realidad desde una perspectiva distinta (Liedtka, 1998; Jatar, 2000; Vivas, 2000).

Por su parte, la planeación estratégica se ha definido como un proceso para visualizar el futuro de la organización, que desarrolla procedimientos y operaciones para alcanzarlo (Goodstein, 1993); como un proceso de decisión [...] antes de la acción (Ackoff, 1981) que sirve para diseñar un plan (Mintzberg, 1985) y asegurar los medios a través de los cuales dicho plan se realizará (Anthony & Dearden, 1976). Las definiciones anteriores de planeación dominan en la práctica universitaria, y no reconocen el concepto de formación de estrategias.

### Pensamiento y planeación: diferencias y relaciones \*

\* Con el propósito de hacer el texto más fluido, las palabras *pensamiento* y *planeación* serán entendidos como «estratégicos».

Chavarría (s.f.) aporta una primera distinción: *la planeación es la actividad humana que utiliza el pensamiento como precursor de la acción dirigida hacia la obtención de metas*. El pensamiento es un proceso cognitivo que precede, acompaña y complementa la planeación. Pensamiento implica *recopilar, crear y sintetizar* datos, mientras que planeación implica *analizar y usar* datos (Johnson, 2005; Jiménez, 2004; Heracleous, 1998). El pensamiento se refiere al cuestionamiento, comprensión y generación de ideas que ocurre antes, durante y después de niveles sucesivos de planeación (Swayne, Duncan y Ginter; apud Goldman, 2009). El pensamiento busca explorar y explotar cualquier «mal acomodo» entre las capacidades organizacionales existentes y las oportunidades emergentes, la planeación busca un «acomodo» óptimo entre las capacidades y las oportunidades (Graetz, 2002).

### Modelos mentales y percepciones en las Universidades Públicas

Las críticas apuntan que las universidades no han mejorado convenientemente sus procesos de gestión, y que la planeación no ha funcionado como se espera. ¿Cuál es el origen del problema? Birnbaum (1991) y Kezar (2001) comentan que las universidades presentan características distintivas que dificultan su cambio y mejoramiento, entre ellas: metas que son difíciles de cuantificar, relativa independencia de las influencias ambientales, toma de decisiones anárquica, colaboración voluntaria, estructuras múltiples de poder y autoridad, y mediciones enfocadas hacia la imagen en oposición a las mediciones de desempeño. Pisapia (2006) señala que el fracaso se debe en parte a las insuficiencias de los líderes, ya que: a) su pensamiento es lineal y no funciona en situaciones de ambigüedad y complejidad; b) son incapaces de identificar fuerzas sociales e institucionales críticas que impactan en el ambiente, por ello no conectan sus organizaciones con los temas principales asociados con el éxito; c) su concepto de cambio también es lineal, buscan planear racionalmente su camino hacia el éxito; y d) no ven a sus organizaciones como dependientes de las acciones y visiones de otras organizaciones. Además, Kezar (s.f.) menciona que la gente no comprende el cambio propuesto y la necesidad de experimentar un proceso de aprendizaje, con el fin de realizar con éxito el cambio.

En mayor profundidad, tal vez el origen del problema se encuentre en los modelos mentales y percepciones que tienen las UP sobre sí mismas y su entorno. ¿Por qué razón? Porque los modelos mentales no solo determinan el modo de interpretar el mundo, sino el modo de actuar; son poderosos porque afectan lo que vemos, y ello afecta lo que hacemos (Senge, 1994).

1. *La percepción sobre ellas mismas*. Todos tenemos modelos mentales y percepciones sobre las organizaciones y sus fenómenos. El problema de los modelos

mentales no radica en que sean atinados o erróneos, [sino cuando] son tácitos y existen por debajo del nivel de la conciencia (Senge, *op. cit.*). Por ello, hacerlos conscientes y explícitos tiene beneficios, pues nos ayudan a identificar problemas relevantes con mayor precisión y entender nuestra visión sobre la organización, sus limitaciones, y las posibilidades para ampliarla (Swanson, 2005). La percepción de una organización sobre sí misma y el entorno influye en su éxito o fracaso, y la calidad de tal percepción tiene efecto directo en la calidad de la estrategia (Pietersen, 2004).

¿Son las universidades «diferentes» al resto de las organizaciones? Desde la perspectiva del proceso de *cambio*, al parecer sí son. Las instituciones educativas se consideran como una ‘anomalía’, ya que no se comportan como la mayoría de las organizaciones (Bidwell, 2001; Ingersoll, 2003; Clegg, Hardy, Lawrence y Nord, 2006; citados por Flores y De la Torre, 2010). Si las universidades son diferentes en su proceso de cambio, ¿también podrían serlo en el sentido y uso que dan a la estrategia? En un ambiente de competencia abierta, donde se sobrevive por resultados superiores, no podrían ser diferentes. Sin embargo, su carácter de instituciones subsidiadas les permite «apreciar su realidad de manera distinta» y reconocerse como «diferentes» a otras organizaciones, estableciendo sus propios significados conceptuales. La «diferencia» estriba en que no reconocen que operan en ambientes competitivos, y a pesar de sus resultados, sobreviven.

Por otra parte, los conceptos y herramientas empresariales se han adaptado al contexto universitario a conveniencia. Algunos críticos afirman que la mentalidad «empresarial», los modelos economicistas y la orientación «hacia el mercado» han permeado en las instituciones educativas y parecen dominar muchas de sus decisiones, con resultados cuestionables. Si bien la empresa es una fuente de ideas para la gestión e innovación organizacional, no todas pueden ser adoptadas literalmente. La transferencia de los principios empresariales a

la educación «no entienden el centro pedagógico, la cultura profesional y la micro-política que opera en las escuelas» (Blase y Anderson, 1995; citados por Anderson, 2010, p.1118). Por tal razón, las UP requieren explicitar sus propios conceptos, con un significado adecuado y claro en función de su naturaleza y propósitos, pero considerando que «la aplicación de perspectivas conceptuales y de estrategias de campos de pensamiento y de espacios de acción no educativos constituye una forma de polinización cruzada que puede producir fórmulas imaginativas para encarar la transformación radical de la institución escolar» (Rodríguez, 2010, p. 1109), incluyendo las provenientes del ámbito empresarial.

¿Qué tanto han evolucionado los conceptos de gestión en las UP? En los años 1960’s, la planeación de la educación se definía como:

*Un proceso continuo y sistemático, en la cual se aplican y coordinan los métodos de la investigación social, los principios y las técnicas de la educación, de la administración, de la economía y de las finanzas, con la participación y el apoyo de la opinión pública, tanto en el campo de las actividades estatales como privadas, a fin de garantizar educación adecuada a la población, con metas y etapas bien determinadas, facilitando a cada individuo la realización de sus potencialidades y su contribución más eficaz al desarrollo social, cultural y económico del país (Pallán, 1980, para. 102).*

Tal definición es compleja, en ella se integran diversos conceptos (procesos, métodos, principios, técnicas), áreas (social, educación, administración, economía, finanzas), ámbitos (público, estatal, privado), y fines (individual, social, cultural, y económico). Por ello, no sorprende que desde su entrada al contexto educativo y en la actualidad, la planeación todavía presente problemas conceptuales y que el avance en este tema sea insuficiente.

2. *La percepción del entorno.* Actualmente, se argumenta que las universidades operan en un contexto dominado por grandes transformaciones que socavan su estabilidad (Quintero *et al.*, 2010). Desde la década de los ochenta hay sectores pidiendo que la educación cambie, y en los últimos diez años este clamor se ha vuelto más urgente, demandante, ambicioso y, sobre todo, más generalizado (Flores y De la Torre, 2010). La presión se atribuye a factores tales como el gobierno, los ámbitos social y empresarial, el propio ambiente educativo, así como «las explosiones tecnológicas, la internacionalización, la demografía estudiantil y social, el rol del profesorado para satisfacer las demandas de las comunidades, y servir a los propósitos públicos» (Pisapia, 2010, p. 4).

¿Cómo se percibe el entorno en las UP? ¿Es dinámico o semi-estático? ¿Qué dispara el cambio, el entorno o la convicción interna de que «hay que cambiar para mejorar»? Si el entorno fuera semi-estático y de alta certidumbre, la planeación funcionaría bien y podría aceptarse un enfoque racional para formular estrategias, el contenido del plan sería suficiente. Si el entorno fuera de intenso dinamismo e incierto, la planeación sería menos efectiva y la estrategia emergente más relevante que la intencionada (el plan), la racionalidad debería complementarse con la intuición y la experiencia, el pensamiento lineal debería sustituirse por otro cíclico, sistémico y estratégico, y la conversación estratégica sería un proceso de socialización necesario para tomar decisiones colectivas. En este escenario, el pensamiento estratégico ocuparía un lugar preponderante, por encima de la planeación, y la formación de estrategias reemplazaría al concepto de formulación.

Tal parece que las UP perciben el entorno: 1) «como semi-estático, con cambios lentos, graduales, predecibles y continuos», ó 2) «como altamente dinámico, con cambios radicales y discontinuos», pero no como una verdadera presión para realizar cambios internos al mismo

ritmo que los externos. Si estos supuestos no fueran cercanos a la realidad, ¿cómo explicar que en ellas se desarrolle sólo un proceso de planeación e implementen un plan estratégico para todo el periodo administrativo?

## Problemática en espera de solución.

En el contexto universitario, la planeación continúa siendo vista como *el* proceso clave, racional y técnico-metodológico, lineal y con etapas secuenciales que genera la estrategia. SEP-ANUIES (1989) menciona que el resultado tangible de un proceso de planeación efectivo se refleja en la calidad del plan estratégico. Pero ¿qué determina la calidad del proceso de planeación? Sin duda, la calidad de la información que lo alimenta, y el nivel de pensamiento y conversación estratégica que lo acompañan (Johnson, 2005).

En las universidades, ¿Quiénes y cómo deciden el modelo más adecuado para la planeación? ¿Quiénes participan en el proceso? ¿Cuál es su perfil y cuál debería ser? ¿Qué métodos o herramientas usan? ¿Con qué información cuentan?

La planeación parece ser solo un requisito formal, político y ritualístico en las instituciones, y existen problemas que esperan solución: 1) es deficiente y su normatividad inadecuada; 2) hacen falta esquemas sistémicos, *ad hoc* a su naturaleza y propósitos, que integren en un todo coherente a las actividades sustantivas con las administrativas, 3) busca la eficiencia administrativa pero carece de sentido competitivo; 4) con frecuencia, no existen sistemas de información eficientes, confiables y adecuados que sustenten los ejercicios de planeación educativa (Pallán, 1980; ANUIES, 2000, p. 134), y cuando existen, tales sistemas son vistos solo como generadores de información y no como sistemas de inteligencia competitiva, y 5) la información que generan se subestima y escasamente se comparte.

Por otra parte, las UP requieren modificaciones estructurales para apoyar los

procesos estratégicos y el cambio esperado. La mera existencia de instancias formales de planeación no es suficiente, puesto que esta no es realizada en y desde un departamento en particular, sino en el marco de un proceso *participativo*. Para mejorar, tales instancias podrían ser transformadas en unidades de inteligencia competitiva, con funciones tales como la concentración, análisis, síntesis y difusión de información estratégica, así como la facilitación de los procesos de planeación (con asesoría conceptual, metodológica, logística y herramental) en las unidades y órganos de gobierno universitarios. Esta transformación no implica realizar grandes cambios estructurales, pero sí un cambio de mentalidad sobre las funciones que esas unidades realizan, la adecuación de los perfiles profesionales de quienes las operan, y el desarrollo o adaptación adecuada de las herramientas que apoyan la gestión institucional.

La planeación debe estimular la participación de los diversos grupos de actores (stakeholders) pero no es un proceso «democrático». En ocasiones, quien parece tomar las decisiones estratégicas no es el liderazgo o los órganos de máxima autoridad de la institución, sino la colectividad universitaria, los primeros solo las aprueban y validan políticamente. ¿Será porque las UP son diferentes y responden a condiciones especiales? Así parece ser, o por lo menos, así se quieren ver.

En su estudio sobre una universidad pública, Quintero *et al.* (2010, p. 17) comentan que «en términos generales la planeación institucional [...] todavía no se ha convertido en un instrumento propio que oriente desde una posición interna el quehacer académico y administrativo de la institución, y que fundamente la toma de decisiones de su alta dirección; tampoco se le ve como un sistema integrado ni como entidad que reúne el carácter participativo e integral, ya que el 70.7 % de los profesores [...] manifestaron que la conducción institucional [...] continúa rigiéndose por los lineamientos que emanan de la política de la

SEP». Estos hallazgos no pueden ser generalizados, pero sí considerados para indagar sobre las percepciones en otras universidades públicas sobre la planeación participativa y el grado de libertad que tienen para desarrollar estrategias institucionales, que si bien requieren estar alineadas a las políticas nacionales, no deberían ser condicionadas o impuestas, sino sustentadas en un análisis realmente estratégico.

## Conclusiones

Dada la premisa de que no es posible obtener resultados diferentes haciendo lo mismo, habría que explorar nuevas ideas y formas de trabajo. La frase célebre que afirma que «las universidades se cuecen aparte» no aplica del todo, por lo menos no es así desde el concepto de estrategia y sus procesos. Por ello, se propone que tales conceptos sean discutidos en las universidades públicas. René Descartes escribió «Pienso, por lo tanto existo», no expresó «Planeo, por lo tanto existo».

## Literatura citada

- ACKOFF, R. 1981. *Creating the corporate future*. New York: John Wiley.
- ALBORNOZ, M. E. 1999. Entidades sin fines de lucro. *Introducción y herramientas básicas para la gestión*. Buenos Aires: Eudeba.
- ANDERSON, Gary L. 2010. Nuevas «grandes preguntas» sobre el cambio educativo en la siguiente década. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, Vol. 15, Núm. 47, Octubre-Diciembre, 1117-1123.
- ANSOFF, H. I. 1965. *Corporate strategy: An analytic approach to business policy for growth and expansion*. Nueva York: McGraw-Hill, pp. 118-21.
- ANTHONY, R. & Dearden, J. 1976. *Management control systems*. Illinois: Homewood: Richard D Irwin.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR. 2000. *La educación superior en el siglo XXI: Líneas estratégicas de desarrollo, una propuesta de la ANUIES*. Primera edición. México.
- BIDWELL, C. E. 2001. Analyzing schools as organizations: long-term permanence and short-term change. *Sociology of Education*, 74 (núm. extraordinario), 100-114.
- BIRNBAUM, R. 1991. *How colleges work: The cybernetics of academic organization and leadership*. San Francisco: Jossey-Bass.
- BLASE, J., y Anderson, G. L. 1995. *The micropolitics of educational leadership: From control to empowerment*. Nueva York: Teachers College Press.
- BONN, I. 2001. Developing strategic thinking as a core competency. *Management Decision*, 39 (1), 63-71.

- BRACKER, J. 1980. The historical development of the strategic management concept. *Academy of Management Review*, 5:219-24.
- CASTAÑEDA, L. 2001. *Pensar, tarea esencial de líderes y gerentes*. México: Ediciones Poder.
- CHAVARRÍA, S. (s.f.). *Marco Teórico metodológico de la planeación, una prospectiva de la planeación*. Recuperado 20/12/2010, en <http://catedradh.unesco.unam.mx/catedradh2007/SeguridadHumana/prospectiva%206/revista/numero%205/construf/conspira/susana.htm>
- DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA (22ª ed.). (2001). Real Academia Española. <http://buscon.rae.es/>
- FLORES-KASTANIS, E., y De la Torre, G. M. 2010. La problemática de investigación sobre cambio educativo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Vol. 15, Núm. 47, octubre-diciembre, pp. 1017-1023.
- FLORES-ZEPEDA, M., González, J., y Domínguez, H. 2002. Hacia un modelo de planeación institucional en las universidades públicas. *Memorias del 3º Nacional y 2º Internacional Congreso Retos y Expectativas de la Universidad*, en [http://www.congresoretosyexpectativas.udg.mx/Congreso%203/Mesa%202/Mesa2\\_13.pdf](http://www.congresoretosyexpectativas.udg.mx/Congreso%203/Mesa%202/Mesa2_13.pdf)
- GOLDMAN, E. 2009. Experiences that develop the ability to think strategically. *Journal of Healthcare Management* 54:6, november/december. USA.
- GOODSTEIN, L. D., Nolan, T. M., & Pfeiffer, J. W. 1993. *Applied strategic planning: How to develop a plan that really works*. USA: McGraw-Hill, Inc.
- GRAETZ, F. 2002. Strategic thinking versus strategic planning: Towards understanding the complementarities. *Management Decision*, 40(5), 456-462.
- HERACLEOUS, L. 1998. Strategic Thinking or Strategic Planning? *Long Range Planning*, 31 (3), 481-487.
- JATAR, J. 2000. El pensamiento estratégico y el mercado laboral. Recuperado el 20/10/2005, en: <http://www.caveguias.com.ve/clasificados/trabajo/articulo38.html>
- JIMÉNEZ, S. P., y Peralta, M. A. 2004. *Herramientas de planificación y pensamiento estratégico para la gestión del postgrado y el doctorado: Pautas y lineamientos generales No. 1*. AUIP. Cali, Colombia: Feriva S.A.
- JOHNSON, I. 2005. *Strategic conversation: defining, measuring and applying the construct in organisations*. (Disertación doctoral). Griffith University. Australia.
- KEZAR, A. (s.f.). *Synthesis of scholarship on changes in higher education*. En: <http://mobilizingstem.wceruw.org/documents/Synthesis%20of%20Scholarship%20on%20Change%20in%20HE.pdf>
- KEZAR, A. 2001. Understanding and facilitating change in higher education in the 21st century. Washington D.C.: ASHE-ERIC Higher Education Reports.
- LIEDTKA, J.M. 1998. Strategic thinking: can it be taught? *Long Range Planning* 31(1): 120-129.
- LOEHLE, Craig. 1996. *Thinking strategically: power tools for personal and professional advancement*. Cambridge, USA: Cambridge University Press.
- MINTZBERG, H. 1978. Patterns in strategy formation. *Management Science*, 24, No. 9, 934-948.
- MINTZBERG, H., Quinn, J. B., & Voyer, J. (1995). *The strategy process*. USA: Prentice Hall.
- MINTZBERG, H., & Waters, J. 1985. Of strategies, deliberate and emergent. *Strategic Management Journal* (6), 257-272.
- OSBORNE, C. 1998. Systems for sustainable organisations: emergent strategies, interactive controls and semiformal information. *Journal of Management Studies*, 35(4), 481.
- PALLÁN, C. 1980. *La administración y la planeación de las instituciones de educación superior frente a los requerimientos del desarrollo*. Recuperado el 15/12/2010, [http://www.anuies.mx/servicios/p\\_anuies/publicaciones/revsup/res036/txt1.htm#4](http://www.anuies.mx/servicios/p_anuies/publicaciones/revsup/res036/txt1.htm#4)
- PÉREZ DE CEPEDA, M., Granados, R., y Piñeres, F. (s.f.). *Lineamientos para el desarrollo del pensamiento estratégico en la educación superior*. Recuperado el 13/11/2010, en [www.unisimonbolivar.edu.co/revistas/aplicaciones/doc/79.doc](http://www.unisimonbolivar.edu.co/revistas/aplicaciones/doc/79.doc)
- PIETERSEN, W. G. 2004. *Reinvención de la estrategia: aplicación del aprendizaje estratégico para crear y sostener un desempeño excepcional*. 1ª Ed. en Español. México, D.F.: Panorama Editorial S.A. de C.V.
- PISAPIA, J. 2010. *Transforming the academy: strategic thinking and/or strategic planning?* Presented at the American Institute of Higher Education - 4th International Conference. March 17-19, Williamsburg Virginia, USA.
- PISAPIA, J. 2006. New direction for leadership. *Education Policy Studies Series No. 61*. The Faculty of Education and the Hong Kong Institute of Educational Research. Hong Kong. Monografía.
- QUINTERO, J. E., Corrales, V. A., Martínez, R., y Aréchiga, G. (2010) El cambio conducido en la universidad: La percepción de los académicos. *Revista de la Educación Superior*. Vol. XXXIX (1), No. 153, Enero-Marzo, 7-22.
- ROBLES, M., y León, M. 2010. *Pensamiento estratégico para el talento humano*. Recuperado el 17/12/2010, [http://www.ujghe.edu.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=298:pensamiento-estrategico-para-el-talento-humano](http://www.ujghe.edu.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=298:pensamiento-estrategico-para-el-talento-humano)
- RODRÍGUEZ R., M. 2010. ¿En qué direcciones se orientará la investigación sobre cambio educativo en los próximos diez años?». *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Vol. 15, Núm. 47, Octubre-Diciembre, 1107-1112.
- SABHERWAL, R., & Becerra-Fernandez, I. 2003. An empirical study of the effect of knowledge management processes at individual, group, and organizational levels. *Decision Sciences*, 34(2), 225.
- STEENSEN, E., & Sanchez, R. 2008. Forces in strategy formation. *A Focused Issue on Fundamental Issues in Competence Theory Development Research in Competence-Based Management*, Vol. 4, 131-172.
- SENGE, P. 1994. *La Quinta Disciplina*. España: Editorial Granica.
- SEP-ANUIES. 1989. *Manual de planeación de la educación superior: introducción al proceso de planeación*. México: Editorial FOCET Universal, p. 41.
- SWANSON, R. A., & Holton III, E. F. 2005. *Research in organizations: foundations and methods of inquiry*. San Francisco, USA: Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- VIVAS, R. 2000. *Gerencia y pensamiento estratégico*. Universidad Rafael Bellosillo Chacín (Urbe). Maracaibo, Venezuela. Material de trabajo.
- WALL, S. J., & Wall, S. R. 1995. *The new strategist: creating leaders at all levels*. USA: Free Press.
- WEICK, K., & Quinn, R. 1999. Organizational change and development. *Annual Review of Psychology*, p. 361.
- WELLS, S. 1998. *Choosing the future: the power of strategic thinking*. Boston, USA: Butterworth Heinemann.
- ZINKHAN, G. M., & Pereira, A. 1994. Review: an overview of marketing strategy and planning. *International Journal of Research in Marketing*, 11, Issue 3, 185-218. 

Este artículo es citado así:

López-Díaz, J. C., A. M. Arras-Vota, D. L. Ojeda-Barríos y O. A. Hernández-Rodríguez. 2011: *Estrategia y educación superior*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(1): 43-51.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**JULIO CÉSAR LÓPEZ DÍAZ.** Terminó su licenciatura en 1984, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Fruticultor por la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola en 1992 por la Universidad Autónoma de Chihuahua y cursó un segundo programa de maestría en Estados Unidos, obteniendo el grado de Master of Business Administration por la Universidad Estatal de Sul Ross en 2000. Desde 1985 labora en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (antes Facultad de Fruticultura) de la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Su área de especialización es en Manejo de Frutales de Clima Templado y Administración Estratégica. Es autor de aproximadamente 15 artículos científicos, más de 30 ponencias en congresos, y 3 capítulos de libros científicos. Además, ha impartido 25 conferencias por invitación y ha dirigido 5 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de programas educativos del área agropecuaria en los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) y Líder Sectorial en Frutas Templadas en AGROPROSPECTA (Red Mexicana de Investigación en Política Agroalimentaria).

**ANA MARÍA DE GUADALUPE ARRAS VOTA.** Cursó la licenciatura en Ciencias de la Comunicación en el Instituto de Estudios Superiores de Occidente. La Maestría en Administración en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua y el Doctorado en Ciencias de la Administración en la Universidad Nacional Autónoma de México. Académica titular e investigadora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Chihuahua, donde funge como líder del Cuerpo Académico Administración Agrotecnológica y Bioética. Además, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, en el área de Economía. Actualmente, tiene reconocimiento nacional como perfil PROMEP. Como parte de su labor dirige tesis de licenciatura, maestría y doctorado, actualmente apoya la docencia en esos tres niveles. La línea de investigación que cultiva es: Administración, bioética, tecnología y educación en el sector agrícola. Entre sus actividades de difusión destaca la autoría del libro Comunicación organizacional y la coautoría de los libros Lenguaje y Comunicación, La administración y su aplicación a empresas agropecuarias, así como de varios capítulos de libros (Dimensiones de la cultura, La tecnología educativa, paradigma de la posmodernidad, Metodología de la investigación cualitativa, Justificación, objetivos, antecedentes, delimitación y planteamiento: componentes del problema, Las dimensiones de la investigación cuantitativa, Responsabilidad social en las organizaciones y Cultura ecológica: eje indispensable en los programas educativos de las licenciaturas en agronegocios). También ha presentado el fruto de su trabajo en diversos congresos nacionales e internacionales, así como en artículos en revistas arbitradas e indexadas.

**DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA-BARRIOS.** Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo su Doctorado y Maestría en la Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro», su Licenciatura en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente conduce investigaciones sobre desordenes nutricionales en frutales caducifolios. Imparte los cursos de Nutrición Vegetal, Fisiología Vegetal y Anatomía Vegetal. Asesora de estudiantes de posgrado y licenciatura. Es responsable del área de Fisiología y Nutrición Vegetal con énfasis en Frutales Caducifolios en los cultivos de manzano y nogal pecanero en el Laboratorio de Bioquímica Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-UACH.

**OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ.** Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Cursó la licenciatura en la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua, otorgándosele en 1985 el título de Ingeniero Fruticultor. Realizó estudios de posgrado en la misma Facultad, obteniendo en el año de 1994 el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola. Posee el Doctorado in Philosophia, con Área Mayor en Manejo de Recursos Naturales, grado conferido en 2008 por la Facultad de Zootecnia de la UACH. Se desempeña como Maestra de Tiempo Completo en la UACH desde 1986. Ha sido responsable de varios proyectos de investigación en proceso y concluidos a nivel licenciatura. Ha participado como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales y en publicaciones de artículos científicos y de divulgación como autora y coautora.

# Guía para autores de escritos científicos

## Política editorial

Son bienvenidos manuscritos originales e inéditos de tipo científico, tecnológico o humanístico, los cuales deberán estar escritos en un lenguaje accesible a lectores con formación profesional, atendiendo a los principios de: precisión, lógica y claridad. Todo manuscrito recibido es revisado en primera instancia por el Comité de Editores Asociados, para asegurar que cumple con el formato y contenido establecido por las normas editoriales de *TECNOCIENCIA Chihuahua*. Una vez revisado el escrito, los editores asociados determinarán si vale la pena publicarlo; enseguida se le regresa al autor responsable para que incorpore las observaciones y sea editado. Posteriormente, es sometido a un estricto arbitraje bajo el sistema de doble ciego, realizado por dos especialistas en el área del conocimiento. Para su evaluación se aplican los criterios de: rigor científico, calidad y precisión de la información, relevancia del tema y la claridad del lenguaje.

Los árbitros prestarán especial atención a la originalidad de los escritos, es decir, revisarán que dicho manuscrito sea producto del trabajo directo del autor o autores y que no haya sido publicado o enviado algo similar a otras revistas. Los artículos deben presentar: un análisis detallado de los resultados así como un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva del tema investigado o ser de gran impacto social. Solo serán aceptados trabajos basados en encuestas donde se incluyan mediciones, organización, análisis estadístico, prueba de hipótesis e inferencia sobre los datos obtenidos del estudio.

## Lineamientos generales

Se aceptan manuscritos originales e inéditos, producto de la creatividad del o los autores, cuyos resultados de investigación no hayan sido publicados parcial o totalmente (excepto como resumen de algún congreso científico), ni estén en vías de publicarse en otra revista (nacional o internacional) o libro.

Para tal fin, el autor y coautores deberán firmar la carta de autoría, donde declaran que su trabajo no ha sido publicado o enviado para su publicación simultáneamente en otra revista; además, en dicho documento señalarán estar de acuerdo en aceptar las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial Internacional de la Revista *TECNOCIENCIA Chihuahua*, especificando el nombre del investigador a quien se dirigirá

toda correspondencia oficial (autor de correspondencia).

Se aceptan artículos en español o inglés, sin embargo, tanto el título como el resumen deberán escribirse en ambos idiomas. El contenido puede ser cualquier tema relacionado con algunas de las áreas del conocimiento definidas previamente o que a juicio del Consejo Editorial Internacional pueda ser de interés para la comunidad científica.

El Comité Editorial del área a la que se envíe el manuscrito, revisará que los resultados obtenidos sean de impacto regional, nacional o internacional. Además, prestará atención a la metodología en la que se sustenta la información y que esta sea adecuada y verificable por otros investigadores. No se aceptarán artículos basados en pruebas de rutina, o cuyos resultados experimentales se obtuvieron sin un método estadístico apropiado.

Cuando un artículo presente resultados experimentales con un alcance limitado puede recomendarse su publicación como una Nota Científica. Reconocemos que una mejora de la calidad de la revista es responsabilidad tanto del Consejo Editorial Internacional como de los autores.

## Manuscritos

Se entregarán cuatro copias impresas y una versión electrónica del manuscrito. También podrán remitirse los manuscritos a las direcciones electrónicas de la revista que fueron mencionadas anteriormente pero la carta de pre-

sentación, firmada debidamente por los autores, deberá entregarse personalmente en las oficinas de la Dirección de Investigación y Posgrado; también puede escanearse para su envío por correo electrónico o remitirse por fax [(614) 439-1823]. Todo manuscrito deberá acompañarse con la carta de autoría firmada por todos los autores, cuyo formato es proporcionado por la revista. En la carta deberá indicarse el orden de coautoría y el nombre del autor de correspondencia con la revista, para facilitar la comunicación con el Editor en Jefe. Esta carta debe incluir datos completos de su domicilio, número de fax y dirección electrónica.

### Formato

El manuscrito científico tendrá una extensión máxima de 25 cuartillas, incluyendo figuras y cuadros, sin considerar la página de presentación. Para su escritura se utilizará procesador Word 6.0 o posterior, para Windows 98 o versión más reciente; todo texto se preparará utilizando letra Arial 12 puntos, escrito a doble espacio y numerando páginas, renglones, cuadros y figuras del documento para facilitar su evaluación. Utilizar un margen izquierdo de 3.0 cm. y 2.0 para el resto. Se recomienda no utilizar sangría al empezar cada párrafo del manuscrito. Los manuscritos de las diferentes categorías de trabajos que se publican en la revista deberán contener los componentes que a continuación se indican, empezando cada uno de ellos en página aparte.

- Página de presentación.
- Resumen en español (con palabras clave en español).
- Resumen en inglés, *abstract* (con palabras en inglés, *keywords*).

- Texto (capítulos y su orden).
- Agradecimientos.
- Literatura citada.
- Cuadros y gráficas.

**Página de presentación.** Esta página no se numera y debe contener: a) Títulos en español e inglés, escritos en mayúsculas y minúsculas, letras negritas y centradas; b) Nombres de los autores en el orden siguiente: Nombres y apellidos de autor y coautores, uniendo con un guión el apellido paterno y materno de cada uno; además, incluir su afiliación institucional; c) Información completa (incluyendo teléfono, domicilio con el código postal y dirección electrónica) anotando departamento e institución a la que pertenece el autor y coautores; si el autor y coautores pertenecen a la misma institución, no es necesario numerarlos (ver ejemplo mostrado en el cuadro de texto). Como una norma general, el Editor en Jefe se dirigirá solamente al autor de correspondencia mencionado en la carta de autoría y no se proporcionará información alguna a otra persona que lo solicite.

**Título.** Es indicador del contenido del artículo, y si está escrito apropiadamente, facilitará indexarlo. Un buen título es breve (no más de 15 palabras), descriptivo e identifica el tema y propósito del estudio; al escribir el título debe elegirse palabras de gran impacto que revele la importancia del trabajo. Es recomendable evitar el uso de palabras o frases que tienen poco impacto y que no proporcionan información relevante sobre el contenido del estudio; como ejemplos pueden citarse: “Estudio de...”, “Influencia de la...”, “Efecto del...”, etc.

**Resumen en español.** Al leer un resumen, el investigador puede reconocer el valor del contenido del escrito científico y decidir si lo revisa todo; por lo tanto, el resu-

**Cuadro 1.** Ejemplo de una página de presentación de un manuscrito científico que incluye títulos, autores y coautores, así como nombre de institución de adscripción y datos generales para propósitos de comunicación.

## Análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, México

### Deforest analysis areas in the north central region of the Sierra Madre Occidental of Chihuahua, Mexico

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ,<sup>1</sup> ALFREDO PINEDO ÁLVAREZ,<sup>2</sup>  
REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ,<sup>1</sup> Y MARTÍN MARTÍNEZ SALVADOR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesor de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada, Km 1 de la Carretera Chihuahua-Cauhtémoc. Chihuahua, Chih., México, 31031. Tel. (614) 434-0303. cpinedo@uach.mx.

<sup>2</sup> Estudiante de posgrado de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental La Campana-Madera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av. Homero 3744, Fracc. El Vergel. Chihuahua, Chih., México, 31100.

men proporciona valiosa información del estudio y también le facilita al lector decidir si lee todo el escrito. En la segunda página se debe incluir un resumen que no exceda las 250 palabras. En él se indicarán la justificación y objetivos del estudio; dar una breve descripción de la metodología empleada; describir los resultados más relevantes y presentar datos numéricos importantes (ejemplo: *se observó un incremento de 15% en el rendimiento con la densidad de 60,000 plantas por hectárea*), y de ser posible, enfatizar el significado estadístico y escribir la conclusión general del trabajo.

**Palabras clave.** Después del resumen, en punto y aparte, escribir alfabéticamente de 4 a 6 palabras o frases cortas clave diferentes a las del título, que ayuden a indexar y clasificar el trabajo de acuerdo a su contenido. Las palabras se publicarán junto con el resumen. Los nombres de especies biológicas se escriben al principio de esta sección.

**Resumen en inglés (abstract).** Debe ser una traducción exacta del resumen en español, para ello es conveniente que los autores busquen la asesoría de profesionales de las ciencias que dominen el idioma inglés.

**Palabras clave en inglés (keywords).** Son las mismas palabras indicadas para el resumen en español que deberán ser traducidas al idioma inglés con la asesoría de un científico o técnico experto en la lengua.

**Texto (capítulos y su orden).** Existen diferencias en cuanto al contenido y estructura de cada una de las categorías de escritos científicos, que son publicados en la revista. Las normas específicas para cada categoría son descritas enseguida, y para aquellos escritos recibidos que no se ajusten a estos formatos, el Consejo Editorial decidirá si pueden enviarse para su revisión al Comité Editorial del área correspondiente.

## 1. Artículo científico

Trabajo completo y original, de carácter científico o tecnológico, cuyos resultados se obtuvieron de investigaciones conducidas por los autores en alguna de las seis áreas del conocimiento citadas inicialmente. El manuscrito científico se divide en los capítulos siguientes:

- Resumen y *abstract*.
- Introducción.
- Materiales y métodos.
- Resultados y discusión.
- Conclusiones.
- Agradecimientos.
- Literatura citada.

### Resumen y *abstract*

En una sección previa fueron descritas las normas editoriales para elaborar esta sección del escrito científico.

### Introducción

- a) Es importante resaltar el *tema* del que trata la investigación. Se recomienda iniciar esta sección redactando una o dos oraciones de carácter universal, que sirva al investigador como argumento científico al describir su trabajo. A continuación se cita un artículo, cuyo título es: “Olor penetrante y azúcares de cultivares de cebolla de días cortos afectados por nutrición azufrada”. Los autores empiezan con las oraciones siguientes:

“El sabor en la cebolla (*Allium cepa*) depende de hasta 80 compuestos azufrados, característicos del género *Allium*, además de varios carbohidratos solubles en agua. La intensidad del sabor es determinada por el genotipo de la variedad de cebolla y el ambiente en que se cultiva”.

- b) También debe incluirse la *información previa* y *publicada* sobre el tema del estudio (*antecedentes*). Para orientar al lector es suficiente incluir referencias bibliográficas relevantes y recientes, en lugar de una revisión extensa de citas a trabajos viejos y de poca importancia sobre el tópico investigado. A continuación se presenta un ejemplo de cómo presentar cronológicamente las citas bibliográficas:

“La existencia de variación genética dentro de los cultivares de cebolla ha sido demostrada para intensidad de sabor y contenido total de azúcares” (Darbyshire y Henry, 1979; Bajaj *et al.*, 1980; Randle, 1992b).

- c) *Problema a resolver.* Con una o dos oraciones especificar el problema abordado, justificar la realización del estudio, o bien, enunciar la hipótesis planteada por el investigador y cuya validez será probada por el experimento. Siguiendo con el ejemplo anterior, se presenta una breve descripción del problema estudiado:

“Se requiere un mayor conocimiento sobre características deseables, como el sabor intenso y contenido de carbohidratos solubles de la cebolla, que son afectadas por la interacción cultivar x niveles de fertilización azufrada”.

- d) *Definición de los objetivos del estudio.* Aquí se enuncia brevemente hacia donde se dirige la in-

vestigación, es decir, se describe la manera o el medio a través del cual se pretende examinar el problema definido o la pregunta planteada por el investigador. Esta parte de la introducción permitirá al lector ver si las conclusiones presentadas por el investigador son congruentes con los objetivos planteados al inicio del trabajo. Ejemplo:

*“Los objetivos de esta investigación fueron: Evaluar cultivares de cebolla de fotoperiodo corto, caracterizadas por su poco sabor y bajo contenido de carbohidratos solubles en agua, con niveles bajos y altos de azufre y determinar la asociación de dichas características con la fertilización”.*

### **Materiales y métodos**

Esta sección debe responder a las preguntas: ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Cómo se hizo el trabajo? Puede incluir cuadros y figuras. El autor debe proporcionar información concisa, clara y completa, para que las técnicas y/o los procedimientos descritos así como las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el estudio, puedan ser repetibles por otros investigadores competentes en el área (lugar, ciclo o etapa biológica, manejo del material biológico, condiciones ambientales, etc.).

Si un procedimiento es ampliamente conocido basta con citar a su(s) autor(es); sin embargo, cuando el método seguido ha sido modificado, debe proporcionarse detalles suficientes del mismo así como de un diseño experimental inusual o de los métodos estadísticos aplicados para el análisis de los resultados (arreglo de tratamientos, diseño experimental, tamaño de la unidad experimental, variables de respuesta, proceso de muestreo para obtener los datos, análisis estadístico de los datos, técnica de comparación de medias, etc.). Es recomendable dar una descripción cronológica del experimento y de los pasos de la metodología aplicada.

Al describir los materiales, deben señalarse especificaciones técnicas, cantidades, fuentes y propiedades de los materiales indicando nombre y dirección del fabricante. Para el caso de material biológico, dar información suficiente de las características particulares de los organismos (edad, peso, sexo, etapa fenológica, etc.); es importante también identificar con precisión el género, especie y nombre del cultivar o raza utilizado en el estudio. Si se trata de material no vivo, por ejemplo suelo cultivado, proporcionar los datos taxonómicos para facilitar su identificación.

### **Resultados y discusión**

En esta parte importantísima del manuscrito los resultados derivados del estudio se distinguen porque: son presentados en forma de cuadros y figuras, analizados estadísticamente e interpretados, bajo la luz de la hipótesis planteada antes de iniciar la investigación. Es recomendable que el autor incluya un número óptimo de cuadros y figuras de buena calidad, que sean absolutamente necesarios y que sirvan como fundamento para mejorar la comprensión de los resultados y darle soporte a la hipótesis sometida a prueba.

Cada cuadro y figura debe numerarse; su título debe ser claro y descriptivo; los símbolos y abreviaturas incluidos deben ser explicados apropiadamente. Los cuadros y figuras elaborados a partir de los *resultados* deben ser explicativos por sí mismos; los comentarios que se hagan deben resaltar características especiales tales como: Relaciones lineales o no lineales entre variables, una cantidad estadísticamente superior a otra, tendencias, valores óptimos, etc. En síntesis responde a la pregunta “¿qué ocurrió?”.

En la sección de *discusión* los datos presentados en forma de cuadros y figuras son interpretados enfocando la atención hacia el problema (o pregunta planteada) definido en la introducción, buscando demostrar la validez de la hipótesis elaborada por el investigador. Una buena discusión puede contener:

- a) Principios, asociaciones y generalizaciones basadas en los resultados;
- b) excepciones, variables correlacionadas o no y definición de aspectos del problema no citados previamente pero que requieren ser investigados;
- c) énfasis sobre resultados que están de acuerdo con otro trabajo (o lo contradicen), y
- d) implicaciones teóricas o prácticas.

Cuando la discusión se presenta en una sección separada no debe escribirse como una recapitulación de los resultados, pero debe centrarse en explicar el significado de ellos y explicar cómo proporcionan una solución al problema abordado durante el estudio. Cuando se comparan los resultados del presente estudio con otros trabajos, ya sea que coincidan o estén en desacuerdo con ellos, deben citarse las referencias más pertinentes y recientes.

### **Conclusiones**

Es aceptable escribir en una sección separada una o varias conclusiones breves, claras y concisas, que se desprenden de los resultados de la investigación y que sean

una aportación muy concreta al campo del conocimiento donde se ubica el estudio. No se numeran las conclusiones y al redactarlas debe mantenerse la congruencia con los objetivos del trabajo y el contenido del resumen.

### Agradecimientos

En esta sección se da el crédito a personas o instituciones que apoyaron, financiaron o contribuyeron de alguna manera a la realización del trabajo. No se debe mencionar el papel de los coautores en este apartado.

### Literatura citada

Incluye la lista de referencias bibliográficas citadas en el manuscrito científico, ordenadas alfabéticamente y elaborada conforme a las reglas siguientes:

1. Es recomendable que las referencias bibliográficas obtenidas sean preferentemente de: *Artículos científicos* de revistas periódicas indexadas, *capítulos o libros y manuscritos en extenso* (4 o más cuartillas) publicados en memorias de congresos científicos.
2. Al escribir una referencia empezar con el apellido paterno (donde sea costumbre agregar enseguida el apellido materno separado por un guión) del autor principal y luego las iniciales de su(s) nombre(s). Enseguida escriba la inicial del nombre del segundo autor y su primer apellido. Continuar así con el tercero y siguientes autores separando sus nombres con una coma y una y entre el penúltimo y último autor.
3. Colocar primero las referencias donde un autor es único y enseguida donde aparece como autor principal. En estos casos el orden de las citas se establece tomando como base el apellido del primer coautor que sea diferente.
4. En las citas donde el(los) autor(es) sea(n) los mismos, se ordenarán cronológicamente; se utilizarán letras en referencias de los mismos autores y que fueron publicadas en el mismo año (2004a, 2004b, 2004c, etc.).
5. Títulos de artículos y de capítulos de libros se escribirán con minúsculas (excepto la primera letra del título y nombres propios). Los títulos de libros llevan mayúsculas en todas las palabras excepto en las preposiciones y artículos gramaticales.

Cada uno de los tipos de referencias bibliográficas y las reglas para citarlas se ilustran con ejemplos enseguida:

#### *Artículos científicos de revistas periódicas*

- GAMIELY, S., W. M. Randle, H. A. Mills, and D. A. 1991. Onion plant growth, bulb quality, and water uptake following ammonium and nitrate nutrition. *HortScience* 26(9):1061-1063.
- RANDLE, W. M. 1992a. Sulfur nutrition affects nonstructural water-soluble carbohydrates in onion germplasm. *HortScience* 27(1):52-55.
- RANDLE, W. M. 1992b. Onion germplasm interacts with sulfur fertility for plant sulfur utilization and bulb pungency. *Euphytica* 59(2):151-156.

#### *Capítulos de libros*

- DARBYSHIRE, B. and B. T. Steer. 1990. Carbohydrate biochemistry. In: H.D. Rabinowitch and J.L. Brewster (eds.). *Onions and allied crops. Vol. 3. CRC Press, Boca Raton, Fla. p. 1-6.*

#### *Libros*

- STEELE, R. G. D. and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedure of Statistics: A Biometrical Approach. McGraw-Hill Book Company Inc. New York. 481 p.

#### *Memorias de Congresos científicos*

- MATA, R. J., F. Rodríguez y J. L. Pérez. 2005. Evaluación de aditivos fertilizantes: raíz-set LSS (producto comercial) y root N-Hancer (producto experimental) en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en Chapingo, México. In: Memoria de artículos en resumen y en extenso, XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas (SOMECH). 27-29 de septiembre de 2005. Chihuahua, Chih., México. p. 134.

#### *Boletín, informe, publicación especial*

- HOAGLAND, D. R. and D. I. Arnon. 1980. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta. Circ. 347. 50 p.
- ALVARADO, J. 1995. Redacción y preparación del artículo científico. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial 2. 150 p.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY(USEPA). 1981. Process design manual for land treatment of municipal wastewater. USEPA Rep. 625/1-77-008 (COEEM1110-1-501). U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. 60 p.

## 2. Nota científica

Son de menor extensión que un artículo (máximo 10 cuartillas a doble espacio, incluyendo cuadros y figuras).

Pueden incluirse:

- a) Descubrimientos o aportaciones breves, obtenidas de un estudio reciente de carácter local o limitado;
- b) el producto de modificaciones o mejoramiento de técnicas, procedimientos experimentales, análisis estadísticos, aparato o instrumental (de laboratorio, invernadero o campo);
- c) informes de casos clínicos de interés especial;
- d) resultados preliminares, pero importantes y novedosos, de investigaciones en desarrollo, o bien,
- e) desarrollo y aplicación de modelos originales (matemáticos o de cómputo) y todos aquellos resultados de investigación que a juicio de los editores merezcan ser publicados.

Como en el caso de un artículo extenso, la nota científica debe contener: a) *título* (español e inglés), b)

autor(es), c) institución de adscripción del autor(es), d) resumen (en español e inglés), e) palabras clave (español e inglés). El texto de una nota científica contendrá también la misma información señalada para un artículo extenso: f) introducción, g) materiales y métodos, h) resultados y discusión, e i) conclusiones, sin embargo, su redacción será corrida de principio a final del trabajo; esto no quiere decir que sólo se supriman los subtítulos, sino que se redacte en forma continua y coherente. La nota científica también incluye el inciso k) bibliografía.

### 3. Ensayo científico

Manuscrito de carácter científico, filosófico o literario, que contiene una contribución crítica, analítica y sólidamente documentada sobre un tema específico y de actualidad. Se caracteriza por ser una aportación novedosa, inédita y expresa la opinión del(os) autor(es) así como conclusiones bien sustentadas. Su extensión máxima es de 20 cuartillas a doble espacio (incluyendo cuadros y figuras).

La estructura del ensayo contiene los incisos siguientes: a) Títulos (español e inglés), b) autor(es), c) Institución de adscripción, d) resumen (español e inglés), e) palabras clave (español e inglés), f) introducción, g) desarrollo del tema, g) conclusiones y h) bibliografía. El tópico es analizado y discutido bajo el apartado *Desarrollo del tema*.

### 4. Revisión bibliográfica

Consiste en el tratamiento y exposición de un tema o tópico relevante y de actualidad. Su finalidad es la de resumir, analizar y discutir, así como poner a disposición del lector información ya publicada sobre un tema específico. Ya sea que la revisión temática sea solicitada por el Consejo Editorial a personas expertas o bien que el manuscrito sea presentado por un profesional experimentado, debe resaltarse la importancia y significado de hallazgos recientes del tema. El texto contiene los mismos capítulos de un ensayo, aunque en el capítulo *desarrollo del tema* es recomendable el uso de encabezados para separar las diferentes secciones o temas afines en que se divide la revisión bibliográfica; además, se sugiere el uso de cuadros y figuras para una mayor comprensión del contenido.

*Desarrollo del tema* es recomendable el uso de encabezados para separar las diferentes secciones o temas afines en que se divide la revisión bibliográfica; además, se sugiere el uso de cuadros y figuras para una mayor comprensión del contenido.

### Preparación de cuadros y figuras

Se recomienda insertar los cuadros y figuras, numerados progresivamente, en el lugar correspondiente del texto. Deberá incluirse por separado un archivo para los cuadros y otro para las figuras en formato Excel, con el propósito de editarlos en caso de ser requerido. Los títulos de los cuadros y/o figuras se escriben en letra Arial, negritas y 12 puntos. En los títulos, el uso de las letras mayúsculas se limita a la primera letra y nombres propios.

### Cuadros

Los cuadros con los resultados se presentan en tablas construidas preferentemente con tres o cuatro líneas horizontales; las dos primeras sirven para separar los encabezados, mientras que la(s) última(s), para cerrar la tabla. Las líneas verticales se usan también para distinguir columnas de datos. El cuadro 1 presenta un ejemplo de cuadro con información estadística.

### Figuras

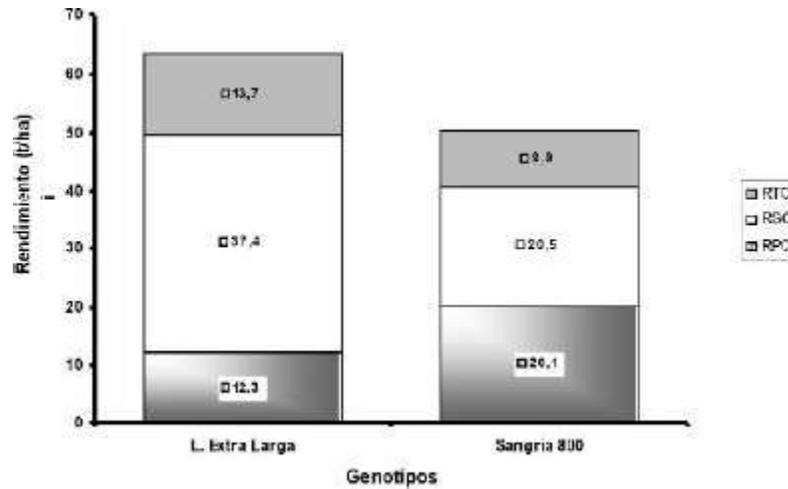
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apearse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

Siempre que se incluyan figuras de línea o de otro tipo deben utilizarse símbolos bien definidos para evitar confusiones. Si se usan gráficas del tipo de barras o pastel, los rellenos deben ser contrastantes. En lo posible, las fotografías incluidas en el manuscrito deben ser en blanco y negro, en formato *tif* con 300 puntos de resolución y enviadas en un archivo electrónico separado.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la variable *Peso de flor fresca en Golden Delicious*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrado medio	F <sub>c</sub> calculada	Significancia P <sub>r</sub> > F <sub>t</sub>
Colector	3	4306,25	1435,42	2,68	0,1099
Día	3	214118,75	71372,92	133,30	0,0001
Error	9	4818,75	535,42	-	-
Total	15	223243,75	Desv. Estándar =	23,14	
Estimadores	CV <sub>(%)</sub> =	10,9	Media =	211,9	

Figura 1. Rendimiento de tres cortes en dos genotipos de sandía (Janos, Chih., UACH-2005).



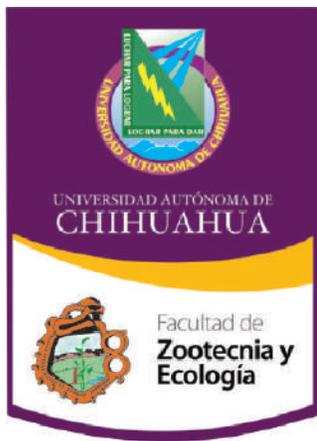
Cuadro 2. Unidades de medición y abreviaturas de uso frecuente.

Unidades	Abreviatura	Unidades	Abreviatura
cal	Caloría(s)	ml	Mililitro (s)
cm	Centímetro(s)	mm	Milímetro (s)
°C	Grado centígrado(s)	min	Minuto (s)
DL <sub>50</sub>	Dosis letal 50%	ng	Nanogramo (s)
g	Gramo(s)	P	Probabilidad (estadística)
ha	Hectárea(s)	p	Página
h	Hora (s)	PC	Proteína cruda
i. m.	Intramuscular (mente)	PCR	Reacción en cadena de la polimerasa
i. v.	Intravenosa (mente)	pp	Páginas
J	Joule(s)	ppm	Partes por millón
kg	Kilogramo(s)	%	Por ciento (con número)
km	Kilómetro(s)	rpm	Revoluciones por minuto
l	Litro(s)	seg	Segundo (s)
log	Logaritmo decimal	t	Tonelada (s)
Mcal	Megacaloría(s)	TND	Total de nutrientes digestibles
MJ	Megajoule(s)	UA	Unidad animal
M	Metro(s)	UI	Unidades internacionales
msnm	Metros sobre el nivel del mar	vs	Versus
µg	Microgramo(s)	xg	Gravedades
µl	Microlitro(s)	km.h <sup>-1</sup>	Kilómetro por hora
µm	Micrómetro(s) ó micra(s)	t.ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectárea
mg	Miligramo(s)	µg. ml	Microgramos por mililitro

Cualquier otra abreviatura se pondrá entre paréntesis inmediatamente después de la(s) palabra(s) completa(s).

Los nombres científicos y otras locuciones latinas se deben escribir en cursivas, como se indica en los ejem-

plos siguientes: Durazno (*Prunus persica* L. Batsch), Tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), Hongo fitopatógeno (*Pythium aphanidermatum* Edson), Palomilla de la manzana (*Cydia pomonella* L.), en laboratorio: *in vitro*, sin restricción: *ad libitum*.



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE C H I H U A H U A

Facultad de Zootecnia y Ecología

**Convocatoria  
Primavera 2012**

## Maestría y Doctorado en Producción Animal y Recursos Naturales

### LÍNEAS DE GENERACIÓN Y APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

- ✓ Biotecnologías reproductivas y esquemas de conservación y mejoramiento genético
- ✓ Control de calidad y aseguramiento en los productos cárnicos
- ✓ Monitoreo y evaluación de los recursos naturales
- ✓ Sistemas de alimentación animal, microbiología gastrointestinal y fisiología digestiva

### REQUISITOS DE INGRESO

- Poseer título o acta de Examen Profesional del grado anterior
- Promedio mínimo de 8.0 en estudios anteriores
- Presentación del EXANI III de CENEVAL. ([www.ceneval.edu.mx](http://www.ceneval.edu.mx))
- Registrarse en la página de CONACyT en la opción CVU ([www.conacyt.mx](http://www.conacyt.mx))
- Presentar el examen de conocimientos que aplica la Secretaría de Investigación y Posgrado
- Acreditar 400 puntos del TOEFL para maestría y 450 para doctorado o el nivel correspondiente del Centro de Idiomas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Realizar entrevista con el Comité de Admisión.

**Fecha límite para entrega de documentos: 30 de noviembre**

Examen de Inglés en el Centro de Idiomas de la UACH:  
Examen General de conocimientos en la Fac. de Zootecnia: (Sin costo)  
Entrevista con miembros de los Cuerpos Académicos:  
Resultados:

1 de diciembre 10:00 Hrs.  
1 de diciembre 15:00 Hrs.  
2 de diciembre 10:00 Hrs.  
15 de diciembre

### MAYORES INFORMES

**TELS. y FAX: (614)434 0303, 434 1448, 434 0304**

**[igarciag@uach.mx](mailto:igarciag@uach.mx), [frodrigu@uach.mx](mailto:frodrigu@uach.mx)**

**[www.fz.uach.mx](http://www.fz.uach.mx)**



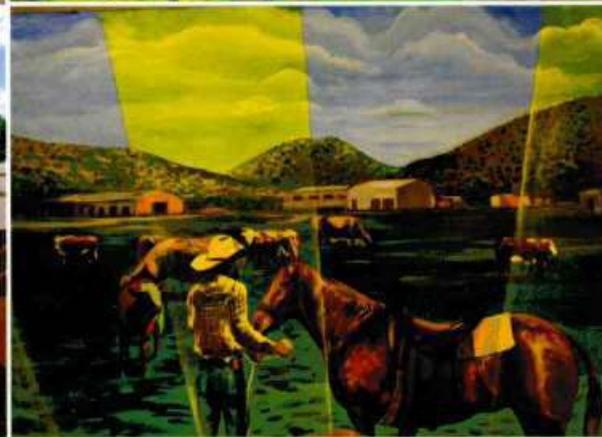
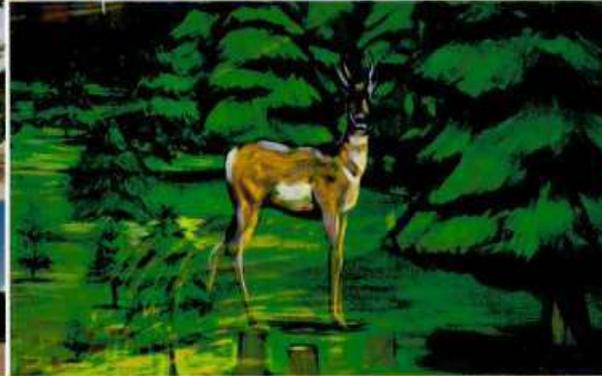
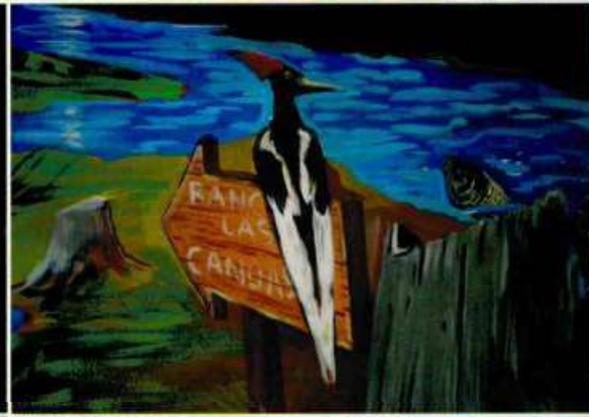
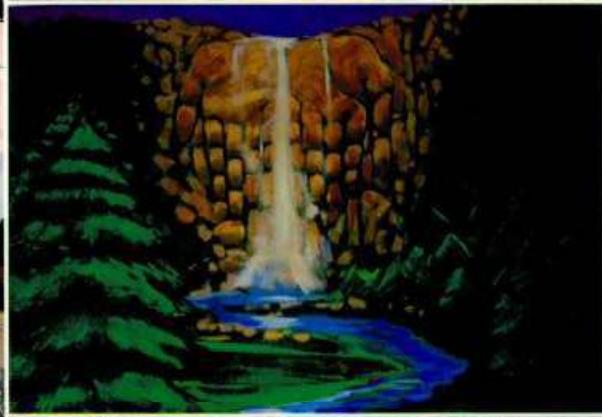
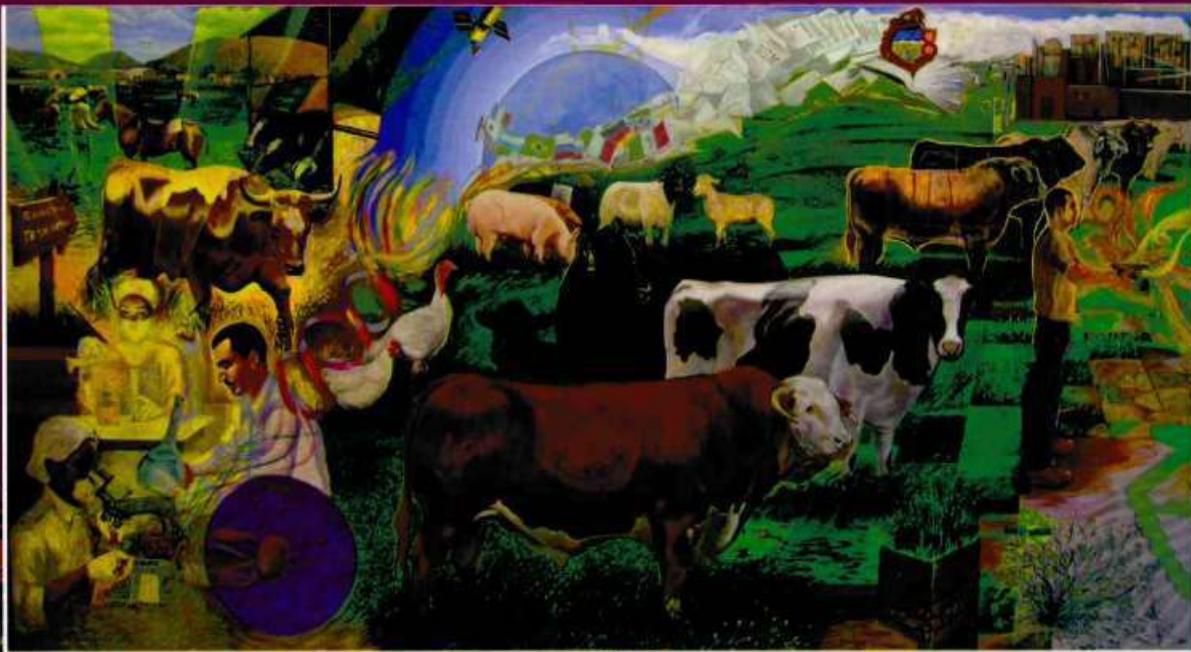
Programas en el Padrón del  
Programa Nacional de Posgrados  
de Calidad SEP-CONACYT



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA



RECTORÍA



Retos y desafíos de la producción animal y el manejo de los recursos naturales, plasmados por el artista gráfico Miguel Eduardo Valverde Castillo, en el mural localizado en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

