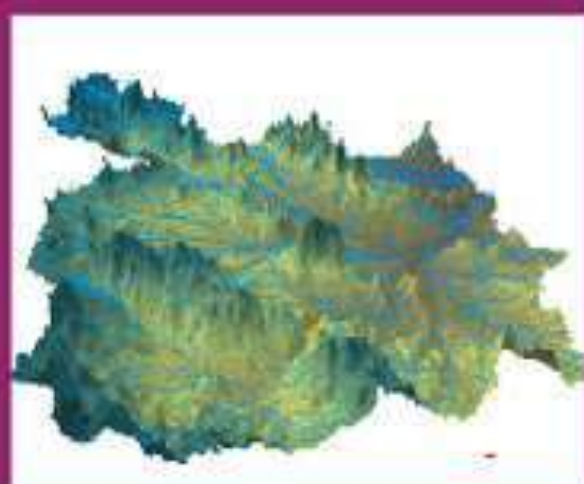


TECNOCIENCIA Chihuahua

Revista de ciencia, tecnología y humanidades
Universidad Autónoma de Chihuahua



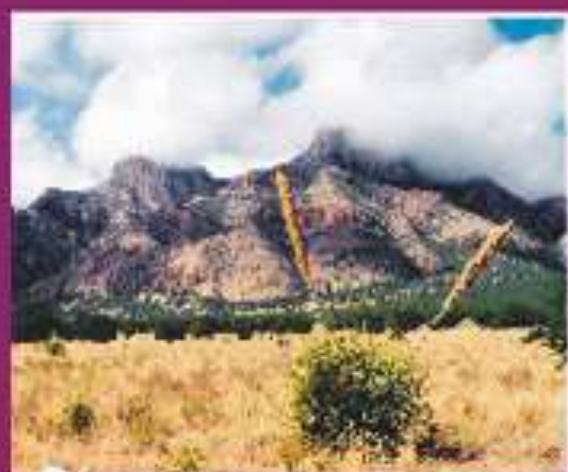
Forma oval-oblonga a rectangular
de la cuenca San Pedro, Conchos



MDE de la cuenca
San Pedro, Conchos



Verdolaga (*Portulaca oleracea*)



Sotol (*Dasylirion leyophyllum*)

ISSN 1605-0011
Volumen I
Número 3
Sep. Dic. 2007
ISSN 1605-0011





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

C.P. RAÚL ARTURO CHÁVEZ ESPINOZA
Rector

ING. HERIBERTO ALTÉS MEDINA
Secretario General

DR. ALFREDO DE LA TORRE ARANDA
Director Académico

LIC. ALONSO GONZÁLEZ NÚÑEZ
Director de Extensión y Difusión Cultural

DR. ARMANDO SEGOVIA LERMA
Director de Investigación y Posgrado

C. P. MANUEL MENDOZA GARCÍA
Director de Planeación y Desarrollo Institucional

C. P. ROBERTO ZUECK SANTOS
Director Administrativo

TECNOCIENCIA Chihuahua

Comité Editorial Interno

DR. ARMANDO SEGOVIA LERMA
Director

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA
Editor en Jefe

Editores asociados

M.A. MARÍA DEL PILAR ALANÍS
DRA. ALMA DELIA ALARCÓN ROJO
DRA. ANA CECILIA GONZÁLEZ FRANCO

DR. ÁLVARO IDROVO VELANDIA
DR. JUAN OLLIVIER FIERRO
DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ

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

Consejo Editorial Internacional

DR. GUILLERMO FUENTES DÁVILA
INIFAP, México
DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Colegio de Posgraduados, México
DR. JOHN G. MEXAL
NMSU, E.U.A.
DR. FERNANDO CADENA-C
NMSU, E.U.A.
DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ
UANL, México
DRA. ELIZABETH CARVAJAL MILLÁN
CIAD, México
DR. ALBERTO SÁNCHEZ MARTÍNEZ
UJAT, México

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ
Instituto Politécnico Nacional, México
DR. LUIS FERNANDO PLENGE TELLECHEA
UACJ, México
DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS
INIFAP, México
DRA. ÁNGELA BESLEY
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

Colaboradores

JORGE A. VILLALOBOS H.
Diseño y formato
DR. JOHN G. MEXAL
Abstracts

LIC. HERIBERTO A. RAMÍREZ LUJÁN
Circulación
MARISELA FRANCO ÁVILA
Asistente Editorial y Diseño

DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS
Revisión técnica
CARMEN L. VELARDE SHUAYRE
Oficina

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen I, Número 3, septiembre-diciembre 2007. 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: 04-2007-032661018900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13868. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11441. 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 Extensión y Difusión Cultural, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I, C.P. 31170. Imprenta: Impresos Santander, 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) 439-1822 (extensión 2213); fax: (614) 439-1823 (extensión 2209), e-mails: tecnociencia.chihuahua@uach.mx, dip@uach.mx y crivera@uach.mx.

Página web: www.tecnociencia.uach.mx.

Contenido

Definición de la revista	2
Editorial	3
El científico frente a la sociedad	
Riesgos a la salud causados por plaguicidas <i>Fernando Plenge-Tellechea, Jorge Aníbal Sierra-Fonseca, Yuren Armando Castillo-Sosa</i>	4
Alimentos	
Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh.) "Golden Delicious", Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México <i>Chistian Mauricio Kiessling-Davison, José Eduardo Magaña-Magaña, Armando Segovia-Lerma, Arturo Javier Obando-Rodríguez, Víctor Hugo Villarreal-Ramírez</i>	7
Ingeniería y tecnología	
Formación de partículas de polietilenglicol en presencia de calcitonina como nuevos biomateriales <i>Humberto Alejandro Monreal-Romero, Julio Villegas-Ham, Rebeca Guzmán-Medrano, Raquel Duarte-Rico, Marta Loya-Loya, Ramón Pájaro-Hernández, Janeth Sarahí Pinedo-Hernández, Evelyn García-Torres</i>	13

Medio ambiente y Desarrollo sustentable

Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua <i>Óscar Alejandro Viramontes-Olivas, Luis Fernando Escoboza-García, Carmelo Pinedo-Álvarez, Alfredo Pinedo-Álvarez, Víctor Manuel Reyes-Gómez, Jesús Adolfo Román-Calleros, Adolfo Pérez-Márquez</i>	21
---	-----------

Salud y deporte

Enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en Chihuahua: Una aproximación a la oculta realidad <i>Álvaro Javier Idrovo-Velandia, Rosa María Guevara-Godínez</i>	32
--	-----------

Creatividad y desarrollo tecnológico

Propagación de plantas nativas para la recuperación de áreas degradadas: Opción para mejorar ecosistemas <i>Alicia Melgoza-Castillo, Carlos Ortega-Ochoa, Carlos Raúl Morales-Nieto, Pedro Jurado-Guerra, Cristina Elizabeth Vélez Sánchez-Verín, Mario H. Royo-Márquez, Gustavo Quintana-Martínez, Alberto Lafón-Terrazas, María Teresa Alarcón-Herrera, Gerardo Bezanilla-Enríquez, Carmelo Pinedo-Álvarez</i>	38
---	-----------

Normas editoriales

Guía para autores de escritos científicos	42
---	-----------

Definición de la Revista *TECNOCIENCIA Chihuahua*

Publicación científica arbitrada de la Universidad Autónoma de Chihuahua

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.

Visión

Mejorar de manera continua la calidad del arbitraje de los artículos publicados en la revista, proceso que se realiza 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. La revista *TECNOCIENCIA Chihuahua* se publica cuatrimestralmente para divulgar los resultados de la investigación en forma de avances científicos, desarrollo tecnológico e información sobre nuevos productos y patentes. La publicación cubre las siguientes áreas temáticas: Alimentos, Salud y deporte, Creatividad y desarrollo tecnológico, Educación y humanidades, Economía y administración, Medio ambiente y desarrollo sustentable.

Tipos de escritos científicos

En la revista se publican las siguientes clases de escritos originales: artículos científicos en extenso, notas científicas, ensayos analíticos, estudios de casos, revisiones temáticas, informes técnicos y resúmenes (o *abstracts*).

A quién se dirige

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

Editorial

La salud de la población humana, especialmente en los países industrializados, se encuentra en riesgo. Factores tales como: la contaminación, estilo de vida sedentaria, estrés, consumo de alimentos hipercalóricos y altamente procesados, abuso del tabaco y alcohol, se han correlacionado con el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas que han alcanzado el nivel de pandemia.

Los riesgos a la salud humana causados por plaguicidas, como bien señalan los autores del artículo: *“Riesgos a la salud causados por plaguicidas”*, son ya un motivo de alarma para los gobiernos. Los efectos tóxicos de los plaguicidas sobre los seres humanos y el estudio de los mecanismos de toxicidad, son abordados por diversos investigadores en México y en el extranjero. En este interesante artículo se describen algunos resultados obtenidos en el Laboratorio de Biología Molecular y Bioquímica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez del Estado de Chihuahua.

En el artículo: *“Enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en Chihuahua: Una aproximación a la oculta realidad”*, se discute el origen, consecuencias y estrategias requeridas para la prevención de enfermedades comunes en el trabajo y se proponen diversas acciones para la protección de la salud de los trabajadores.

El manejo de las prácticas culturales en el manzano, para mejorar el crecimiento vegetal, reducir la incidencia del tizón y propiciar un mejor desarrollo del fruto, se estudia en el artículo titulado:

“Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (Malus domestica Borkh.) “Golden Delicious”, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México.”

El recurso agua es vital para el desarrollo de un cultivo, por lo que es importante conservarlo y hacer un uso racional del mismo. En el estudio de la Cuenca del Río San Pedro, Conchos Chihuahua se investigaron las propiedades morfométricas y la red del drenaje, que parecen estar asociadas a las condiciones climáticas y geológicas las condiciones climáticas y geológicas edáficas el uso eficiente de este vital líquido.

En este número se incluyen también avances de un importante estudio titulado: *“Propagación de plantas nativas para recuperación de áreas degradadas: Opción para mejorar ecosistemas”*, en el cual se proponen acciones que pueden ayudar a mitigar el deterioro de los ecosistemas de producción naturales y humanos en el Estado de Chihuahua.

DR. CESAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA
Editor en Jefe

Riesgos a la salud humana causados por plaguicidas

Human health risks caused by pesticides

FERNANDO PLENGE-TELLECHEA^{1,3}, JORGE ANÍBAL SIERRA-FONSECA² Y
YUREN ARMANDO CASTILLO-SOSA²

Introducción

El desarrollo económico y social de las poblaciones conlleva a la necesidad de mejorar los sistemas de abastecimiento de alimentos. Por un lado, el desarrollo agrícola y pecuario demanda un incremento en la producción con el objetivo de obtener mayores ganancias, y satisfacer, al mismo tiempo los requerimientos nutricionales necesarios de la población. Esto ha requerido del uso de agroquímicos con el propósito de aumentar la producción. El mal manejo de las prácticas de la aplicación de agroquímicos puede ocasionar serios problemas a la salud de la población ocupacionalmente expuesta.

A esto se suma la lucha contra las plagas de insectos y otros animales que funcionan como vectores transmisores de enfermedades. La aplicación de una gran cantidad de sustancias químicas contra diversos organismos dañinos ha propiciado efectos negativos sobre la salud humana y daños sobre los ecosistemas (Ferrer, 2003). Según la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), los plaguicidas son sustancias químicas que se utilizan para prevenir, eliminar, repeler o mitigar cualquier peste.

El término plaguicida se aplica a insecticidas, herbicidas, fungicidas y algunas otras sustancias de origen natural o sintético usadas para el control de plagas. Los plaguicidas representan un peligro potencial para los seres humanos, animales, plantas y para el ambiente en general. Al mismo tiempo son útiles

a la sociedad, ya que controlan plagas que causan enfermedades y destruyen organismos que dañan a la producción agrícola. El mal manejo de estos plaguicidas puede provocar intoxicación al usuario en forma accidental. La exposición a plaguicidas está asociada a un creciente número de efectos

crónicos en la salud (Plenge y Vargas, 2003; Dalvie *et al.*, 2003).

Importancia de los plaguicidas y daños a la salud

La utilización de los plaguicidas en la agricultura representa un beneficio innegable, garantizando una mayor producción agrícola y haciendo que la misma sea mucho más estable.

¹Profesor del Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB), Laboratorio de Biología Molecular y Bioquímica, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Henry Dunant 4016, zona del Pronaf, Cd. Juárez. C.P. 32310.

²Técnicos del laboratorio de Biología Molecular y Bioquímica, ICB, UACJ

³Dirección electrónica de autor de correspondencia: fplenge@uacj.mx

Los plaguicidas también brindan la ventaja de evitar la propagación de enfermedades por vectores como insectos, ácaros y roedores. El uso de los plaguicidas también contribuye a mejorar la alimentación, ya que permite tener una mayor disponibilidad de los alimentos y aumenta su vida de anaquel (Weiss et al., 2004).

Los plaguicidas son compuestos químicos utilizados extensivamente en todo el planeta, lo que resulta en una exposición continua de la población a partir de diferentes fuentes tales como alimentos, el agua y el suelo. Aún cuando el efecto tóxico de los plaguicidas está dirigido a organismos específicos, estos compuestos se encuentran en gran cantidad en el ambiente, lo que constituye una amenaza grave a la salud pública. Tan solo en Estados Unidos, cada año se aplican 4.5 billones de libras de plaguicidas diversos (Alavanja et al., 2004; Weiss et al., 2004).

Los efectos tóxicos de los plaguicidas sobre la población humana han sido motivo de preocupación por muchos años, sin embargo, los mecanismos de toxicidad de la mayoría de los plaguicidas son poco comprendidos a la fecha (Ferrer, 2003). Existen diversos tipos de plaguicidas y cada uno de ellos posee un mecanismo de acción distinto. Entre los plaguicidas más comúnmente utilizados se encuentran los organofosforados, los carbamatos, los organoclorados y los piretroides. Los efectos tóxicos producidos por los plaguicidas organofosforados y carbamatos se enfocan principalmente en el sistema nervioso, afectando las terminales nerviosas a nivel enzimático (Weiss et al., 2004). Los organofosforados son altamente tóxicos y se absorben rápidamente por las vías respiratorias y por la piel, así como también por medio de la ingestión (Jeyaratman y Maroni, 1994). Los carbamatos también pueden ser muy tóxicos, y una vez que ingresan al cuerpo se distribuyen rápidamente por el torrente sanguíneo.

Por otro lado, los plaguicidas organoclorados fueron los primeros en aplicarse mundialmente de forma masiva, aunque actualmente su uso se

encuentra muy restringido debido a los efectos tóxicos que pueden causar. En este grupo se incluye el insecticida DDT, uno de los plaguicidas más conocidos el mundo. Los organoclorados pueden tener efectos negativos sobre el sistema endocrino, además de ser potencialmente mutagénicos y carcinogénicos, aunque también pueden afectar el sistema nervioso y acumularse en el tejido graso (Longnecker et al., 1997; Kester, 2001).

Los piretroides constituyen otro grupo de plaguicidas ampliamente utilizados, tanto en la agricultura como en el hogar. La exposición a insecticidas piretroides se ha descrito desde hace ya varios años, y los efectos negativos de estos compuestos incluyen alteraciones en el sistema nervioso y en el sistema inmunológico (Soderlund et al., 2007). Aunque la tasa de absorción cutánea es baja para los piretroides, se han descrito también casos de alteraciones en la piel como reacciones alérgicas y dermatitis (Ferrer, 2003).

Mecanismos de descomposición de los plaguicidas en la naturaleza

El ambiente también puede verse afectado por la presencia de plaguicidas. La contaminación del agua por este tipo de compuestos puede afectar diversos sistemas biológicos. Una vez contaminada el agua puede pasar mucho tiempo para su saneamiento, existiendo el riesgo de la bioacumulación (Dalvie *et al.*, 2003). La entrada de plaguicidas al agua procedentes de tierras agrícolas está regulada por factores que controlan el destino del plaguicida en el suelo. Estos pueden verse afectados por otros factores como la volatilización del compuesto, además de transformaciones sufridas por procesos químicos, biológicos o fotoquímicos (Flores *et al.*, 2002).

El estudio de los mecanismos de degradación de los plaguicidas en la naturaleza es de vital importancia, puesto que se ha descubierto que algunos de ellos pueden bioacumularse en las cadenas tróficas, y pueden persistir en el ambiente durante periodos muy prolongados (Ferrer, 2003). La degradación de los plaguicidas generalmente ocurre gracias

a la combinación de diversos factores. Entre estos factores se incluyen la descomposición por hidrólisis química, la degradación por microorganismos, la humedad, el pH del suelo y el contenido de materia orgánica (Smith et al., 2006). La degradación de los plaguicidas es diferente en cada caso. Por ejemplo, la hidrólisis química del plaguicida carbofuran es la principal ruta de degradación del compuesto en suelos alcalinos, mientras que en suelos ácidos ocurre principalmente gracias a la acción microbiana. En contraste, la hidrólisis química del organofosforado Diazinon ocurre bajo condiciones ácidas, pudiendo presentarse también la descomposición por microorganismos (Bro-Rasmussen et al., 1968; Getzwin, 1973).

Trabajos realizados en el laboratorio de Biología Molecular y Bioquímica de la UACJ

Los mecanismos de acción de los diversos plaguicidas utilizados comúnmente en la agricultura y en el hogar son distintos en cada caso, y en general se desconocen los posibles efectos tóxicos que estos compuestos químicos pueden tener en la salud humana.

Preocupados por esta situación y con el fin de aportar nuevos datos en relación con la intoxicación por plaguicidas, en el Laboratorio de Biología Molecular y Bioquímica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez se estudiaron los efectos tóxicos de diversos plaguicidas sobre la salud. Para esto se utilizaron varios modelos experimentales bajo condiciones controladas de laboratorio.

En primer lugar, estudiamos el efecto de algunos de los plaguicidas más utilizados sobre un par de sistemas enzimáticos clave en los organismos vivos. Las enzimas son proteínas que funcionan como catalizadores biológicos de diversas reacciones celulares y tienen funciones cruciales en el metabolismo de cualquier organismo, incluyendo el ser humano. En este caso, se utilizaron dos enzimas encargadas de regular las concentraciones de calcio (Ca^{2+}): la Ca^{2+} -ATPasa de membrana plasmática de eritrocito y la Ca^{2+} -ATPasa de

retículo sarcoplásmico de músculo esquelético.

Los experimentos consistieron en aislar las enzimas a partir del tejido de interés y colocar las preparaciones utilizando un medio de reacción apropiado para que la enzima funcione correctamente. A este medio se le agregaron distintas concentraciones del plaguicida bajo estudio. Se estudiaron plaguicidas organofosforados como el Diazinon y el Glyphosato, piretroides como deltametrina y cipermetrina y organoclorados como los diclorobencenos.

Los resultados fueron muy diversos, ya que mientras algunos plaguicidas como los diclorobencenos mostraron una correlación negativa con la actividad de las enzimas, otros como el glifosato no afectaron considerablemente la actividad catalítica de las enzimas. Los plaguicidas tienen alta afinidad para adherirse a las membranas celulares de los tejidos donde están insertas estas proteínas. Esto sugiere que los mecanismos de acción de los plaguicidas son diferentes en cada caso, por lo que se pretende seguir realizando estudios mas profundos y completos para conocer a fondo el efecto de estos compuestos químicos.

También se estudió el efecto del plaguicida organofosforado Diazinon sobre linfocitos de sangre humana. Los linfocitos son células sanguíneas que forman parte del sistema inmunológico del cuerpo, ayudando a combatir infecciones y protegiendo al cuerpo de agentes patógenos. Para esto se realizaron cultivos celulares de linfocitos de sangre periférica. Esto implica aislar los linfocitos de la sangre total y colocarlos en un medio de cultivo rico en nutrientes que les garantiza todo el aporte necesario para mantenerse vivos. A esta preparación se agregaron diversas concentraciones del

plaguicida Diazinon para evaluar el efecto tóxico del compuesto sobre la proliferación de las células. Se observó a distintas concentraciones el diazinon estimuló o inhibió la proliferación celular (Castillo-Sosa, 2007).

Estos resultados sugirieron que los plaguicidas ensayados pueden tener efectos adversos sobre la salud provocando alergias o dañando el contenido total de células blancas en la sangre, además que proporcionan información sobre la estimulación de la división de linfocitos, efecto que será estudiado en futuras investigaciones.

Conclusiones

La aplicación extensiva de plaguicidas es una práctica común alrededor del mundo. Aunque la producción y comercialización de ciertos plaguicidas dañinos al ser humano se ha prohibido, otros productos continúan usándose, sin conocer a fondo el impacto negativos que estos compuestos pueden tener en los ecosistemas y en la salud pública. Las evidencias indican que los plaguicidas representan un riesgo a la salud pública, por lo que es necesario realizar mas estudios utilizando diversos modelos e indicadores para evaluar los riesgos potenciales sobre la salud y el ecosistema.

Literatura Citada

- ALAVANJA, M.C., Hoppin, J.A. and Kamel, F. (2004). Health effect of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev. Public Health* 25: 155-197.
- BRO-RASMUSSEN, F., Noddegard, E., Voldum-Clausen, K. (1968). Degradation of Diazinon in soil. *J. Sci. Food Agric.* 19: 278-281.
- CASTILLO-SOSA, Y. A. (2007). Efecto del Diazinon sobre la proliferación de células mononucleadas de sangre periférica humana. Tesis de

Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México.

- DALVIE, M., Cairncross, E., Solomon, A., London, L. (2003). Contamination of rural surface and ground water by endosulfan in farming areas of the Western Cape, South Africa. *Environ. Health.* 2: 1-15.
- GETZWIN, L. W. (1973). Persistence and degradation of carbofuran in soil. *Environ. Entomol.* 2: 461-467.
- FERRER, A. (2003). Pesticide poisoning. *Annales Sis. San Navarra.* 26: 155-171.
- FLORES, F., González, E., Fernández, M., Villafranca, M., Socías, M., Ureña, M. (2002). Organic compounds in the environment. Effects of dissolved organic carbon on Sorption and Mobility of Imidacloprid in soil. *J. Environ. Qual.* 31: 880-888.
- JEYARATMAN, J., Maroni, M. (1994). Organophosphorus compounds. *Toxicology.* 91: 15-27.
- KESTER, J. E. (2001). Endocrine-disrupting chemicals. En: *Clinical Environmental Health and toxic exposures.* Lippincot William and Wilkins.
- LONGNECKER, M. P., Rogan, W. J., Lucier, G. (1997). The human health effects of DDT (dichlorodiphenyl-trichloroethane) and PCBs (polychlorinated biphenyls) and an overview of organochlorines in public health. *Annu. Rev. Public Health.* 18:211-244
- PLENGE, L., Vargas, J. (2003). Efecto tóxico de los plaguicidas agrícolas sobre la relajación muscular. Estudio de la Ca^{2+} -ATPasa de retículo sarcoplásmico (SERCA). *Ciencia en la Frontera.* 2: 75-79.
- SODERLUND, D.M., Clark, J.M., Sheets, L.P., Mullin, L.S., Picirillo, V.J., Sargent, D., Stevens, J.T. and Weiner, M.L. (2002). Mechanisms of pyrethroids neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology.* 171: 3-59.
- WEISS, B., Amler, S. and Amler, R.W. Pesticides. *Pediatrics.* 113: 1030-1036.

Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) “Golden Delicious”, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México

Prohexadione-calcium as a growth regulator in apple cultivar “Golden Delicious” (*Malus domestica* Borkh.) in Cuauhtemec, Chihuahua, Mexico

CHRISTIAN MAURICIO KIESSLING-DAVISON¹, JOSE EDUARDO MAGAÑA-MAGAÑA^{2,3}, ARMANDO SEGOVIA-LERMA², ARTURO JAVIER OBANDO-RODRIGUEZ², VICTOR HUGO VILLARREAL-RAMÍREZ²

Recibido: Octubre 7, 2007

Aceptado: Enero 9, 2008

Resumen

En Cuauhtemec, Chihuahua, el cultivo de manzano presenta, en ocasiones, un crecimiento de ramas y brotes excesivos, ocasionando competencia por luz y nutrientes. Los reguladores de crecimiento vegetal sintéticos son utilizados para reducir la longitud de brotes sin causar fitotoxicidad y no alterar los patrones de desarrollo. El objetivo del estudio fue evaluar tres tratamientos, dos de Prohexadione-Calcium, Apogee 27.5%, con dosis de 149.9 g y 206.3 g de ingrediente activo, ambas diluidas en 1000 l de agua y un testigo, para medir la respuesta en el crecimiento de ramas y brotes y su efecto colateral sobre *Erwinia amilovora*. El diseño experimental fue Bloques Completos al Azar con ocho repeticiones. Se realizaron tres aplicaciones foliares sobre el cultivar “Golden delicious”, el 22 de abril, 6 y 20 de mayo del 2005. La unidad experimental fue de 3 árboles mayores de 10 años, la parcela útil el del centro. Se hicieron cuatro muestreos, los tres primeros se realizaron previos a las aplicaciones correspondientes. En la primera medición todos los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales entre sí, lo que ayudó a reflejar el efecto de los tratamientos en las otras tres mediciones. En la segunda, las dosis de Apogee manifiestan diferencia estadística entre sí y con el testigo. En la tercera y cuarta medición, los dos tratamientos de Apogee tuvieron las mayores diferencias estadísticas entre sí y con el testigo. La dosis alta redujo el crecimiento de los brotes en un 48.5% en relación al testigo. No se observó efecto de fitotoxicidad.

Palabras claves: manzano, regulador de crecimiento, Apogee, Giberelinas, Auxina.

Abstract

Sometimes the apple trees in Cuauhtémec Chihuahua faces an excessive growth of brushes. It has been caused a competition for light and nutrients. The synthetic vegetal growth regulators are used to reduce brushes length without changing the growing patterns and without causing tree toxicity. The objective of this study was to evaluate effects of Prohexadione-Calcium (Apogee 27.5%) dose on brushes growth and on *Erwinia amilovora* response. Three treatments were compared by using a randomized complete block design with 8 replications. The foliage application was done on the Golden delicious cultivar, in 2005 with three dates: April 22, may 6, and may 20. Two Apogee doses were evaluated, 149.9 and 206.3 g of active ingredient, each of one was mixed in 1000 l of water. Treatment number 3 was represented by the control. The experimental unit consisted of three ten years old trees while the sampling plot was represented by middle tree. In the first application, the Apogee doses were statistically no significant. Fourteen days after the second application, it was observed a significant decrease in brushes growth associated to a high Apogee dose. Apogee dose had not toxicity effect on apple trees. Between the third and fourth sampling period were observed main effects of the Apogee.

Keywords: Apple, growth regulator, Apogee, Giberellin, Auxin

¹Estudiante del programa de Maestría en Ciencias, especialidad Horticultura. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Carretera Delicias-Rosales, km. 2.5. Ciudad Delicias, Chihuahua. México. Teléfono/Fax [(639) 472-2351]. E-mail: kkiessl@uach.mx.

²Profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Carretera Delicias-Rosales, km. 2.5. Ciudad Delicias, Chihuahua. México. Teléfono/Fax [(639) 472-2351].

³Dirección electrónica del autor de correspondencia: emagana@uach.mx

³Dirección electrónica del autor de correspondencia: esteban@ciad.mx

Introducción

El prohexadiona de calcio se aplica foliarmente y se descompone rápidamente en el suelo cuando se aplica directamente al cuello del tallo de los frutales (Rademacher, 1992). Se absorbe principalmente a través de las hojas y su translocación es principalmente acropétala y en menor grado basipétala con un período de actividad biológica dentro de 10-14 días (Evans, 1997). Los principales efectos del prohexadiona de calcio son: a) reducción en la tasa de crecimiento de los brotes tiernos; b) retraso en las etapas de senescencia y maduración del fruto; c) incremento en el porcentaje de amarre del fruto y d) reducción en la incidencia de la mancha del fuego (*Erwinia amylovora*).

La región manzanera del estado de Chihuahua, por su ecología, los árboles de manzano manifiestan un crecimiento de ramas y brotes, en ocasiones excesivo, trayendo como consecuencia mayor competencia de luz y nutrientes afectando la calidad y desarrollo de los frutos. Lo anterior se refleja en la necesidad de podas con mayor uso de mano de obra por el excesivo crecimiento de las ramas. En algunos casos la poda no se llevan a cabo oportunamente o como debieran de ser lo que se traduce en un desequilibrio entre tamaño y crecimiento de las ramas y el tamaño de los frutos. Por lo que, el problema a estudiar es buscar un equilibrio entre la fase vegetativa y reproductiva para lograr una producción consistente durante la vida productiva del manzano.

Una alternativa de solución a este problema es el uso de prohexadiona de calcio clasificado como regulador de crecimiento vegetal y su nombre comercial es Apogee, a este regulador se le atribuye el reducir el crecimiento vegetativo, mediante la inhibición de la biosíntesis de giberlinas (Fallahi, 1999).

El objetivo del estudio fue evaluar la dosis del prohexadiona de calcio sobre la respuesta del crecimiento vegetal del manzano, así como, el efecto colateral sobre el diámetro del fruto y la presencia del tizón del fuego. Además, se establecieron los objetivos específicos siguientes:

1. Comparar el crecimiento de brotes nuevos tratados con diferentes dosis de Prohexadione-Calcium (27.5%) en el cultivo de manzano.
2. Determinar la asociación entre el porcentaje de brotes de tizón de fuego y dosis de Prohexadione-Calcium.
3. Evaluar la fitotoxicidad del prohexadiona de

calcio sobre el cultivar "Golden Delicious".

En esta investigación se propuso la hipótesis de trabajo siguiente:

El Prohexadiona de calcio (Apogee) reduce el crecimiento de brotes nuevos en manzano y manifiesta un efecto colateral de menor incidencia del tizón de fuego en los árboles donde se aplicó, mejorando la calidad del fruto.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la huerta propiedad del señor Abraham Olfert en la región manzanera de Cuauhtémoc, Chihuahua. Esta población se encuentra ubicada a 2,100 msnm con latitud 28° 25'N y longitud 106° 52'W; el clima ha sido clasificado como una transición entre semiárido a semihumedo extremo.

Cuadro 1. Tratamientos en estudio y dosis. FCAYF-UACH. 2005

Descripción de tratamientos	Ingrediente activo (g/ha) en 1000 l de agua	Producto comercial (g/ha) en 1000 l de agua
T ₁ = Apogee 27.5 %	149.9	545
T ₂ = Apogee 27.5 %	206.3	750
T ₃ = Testigo	0	0

El Prohexadione-Calcium utilizado tiene una presentación granulada con 27.5 gr de ingrediente activo por cada 100 gr de producto comercial, su nombre en el mercado es el de Apogee y es considerado un regulador de crecimiento de plantas.

El Crecimiento de brotes anuales se midió en centímetros. Se hicieron 4 mediciones, la

primera se realizó en el momento de elegir los árboles y sus brotes correspondientes. La segunda se hizo a los 14 días después de la primera aplicación y así sucesivamente en la tercera y cuarta medición.

Se eligió un árbol por repetición dando un total 8 árboles por tratamiento. Se escogieron 4 brotes por árbol entre 2.5 y 5 cm de longitud de la parte media alta de las copas y en los 4 puntos cardinales. Se identificó y se seleccionó los brotes por árbol y se les colocó una cinta naranja para su identificación y así evaluarlo en las 4 mediciones que se llevaron a efecto. Visualmente se evaluó el % de brotes con tizón de fuego.

La fitotoxicidad de los tratamientos químicos al cultivo del manzano se evaluó cada catorce días después de la primera aplicación del producto en estudio y al momento de la cosecha, mediante la escala EWRS.

Cuadro 2. Escala EWRS para evaluar el efecto fitotóxico de cada tratamiento

Valor	Descripción
1	Planta normal
2	Ligera clorosis
3	Clorosis y detención del crecimiento
4	Clorosis y detención del crecimiento y ligera necrosis del follaje.
5	Clorosis, detención del crecimiento y necrosis del follaje
6	Mas del 50 % de la planta con fuerte necrosis
7	Muerte de la planta

La evaluación de la efectividad biológica se realizó en el cultivo del manzano en la variedad Golden Delicious durante el periodo de inicio formación del brote hasta su madurez fisiológica (época de cosecha). La aplicación del producto fue vía foliar utilizando una aspersora mecanizada tipo pavo real con capacidad de 2,000 litros, además se le adicionó un surfactante penetrante Inex-A a razón de 1 cc por 1 litro de agua, para asegurar un buen cubrimiento al follaje. Se hicieron 3 aplicaciones, el primero fue cuando los brotes se encontraban entre 2.5 y 5 cm de longitud (22 de abril), la segunda 14 días después (6 de mayo), y la tercera 14 días después de la

segunda (20 de mayo del 2005).

El diseño experimental fue Bloques Completos al Azar con 8 repeticiones. Se evaluaron tres tratamientos, dos dosis de Apogee y un testigo absoluto sin aplicación (Cuadro 1). La unidad experimental fue de 3 árboles mayores de 10 años. La parcela útil evaluada consideró el árbol del centro.

Se practicó el análisis de varianza empleando el modelo del diseño de bloques completos al azar descrito por (Martínez, 1988). Se utilizó un arreglo factorial de tratamientos 3X4 con tres niveles de aplicación del producto y cuatro muestreos. Después del análisis de varianza y cuando así fue requerido, se aplicó el análisis de medias, empleando la prueba de Tukey (Martínez, 1988). Se utilizó la regresión lineal simple para el ajuste de tratamientos por la variable crecimiento de la rama sobre el número de muestras; además, se compararon los coeficientes de regresión de cada tratamiento mediante la prueba de t de Student (Infante y Zárate de Lara, 2000).

Resultados y discusión

El análisis de varianza para el crecimiento de brotes de manzano observado por tratamiento en las cuatro fechas de evaluación, se presenta en el Cuadro 3. Se detectaron diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos en las tres fechas posteriores al inicio del ensayo de efectividad biológica. Esto indica que al menos uno de los tratamientos se comportó estadísticamente diferente a los demás. Esto se puede apreciar claramente en la prueba de separación de medias de Tukey (Cuadro 5). Para la fecha de inicio del estudio y previo a la primera aplicación de los tratamientos químicos, se detectaron diferencias numéricas pero no estadísticas. Esto se debe a que en ese momento aun no se aplicaba ningún tratamiento químico.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable crecimiento de ramas de manzano.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Repeticiones	7	12.118 ns
Tratamiento	2	1010.238 **
Muestras	3	354.691 **
Prats X Muestras	6	88.924 **
Error	77	
CV (%) = 22.2		

ns = no significativo ($\alpha = 0.05$); ** = Significativo al 1%

En el Cuadro 4 se presenta la evaluación realizada el día 22 de abril (al momento de la primera aplicación de los tratamientos químicos), donde se muestra que las dos dosis de Apogee se comportaron estadísticamente iguales entre si, y la misma significancia estadística con el testigo absoluto. Lo que confirma la homogeneidad de los tratamientos al inicio del estudio lo cual es muy importante para que el efecto de los tratamientos se vea reflejado.

A los 14 días después de la primera aplicación de Apogee y previa a la segunda aplicación de los tratamientos químicos (mayo 6) la dosis alta de Apogee fue estadísticamente diferente a la dosis baja de Apogee y testigo absoluto, resultando estas dos últimos similares entre si. La dosis alta de apogee resulto con 2.5 cm menor de crecimiento de brotes anuales o un 29 % menos de crecimiento que la dosis baja de Apogee y el testigo absoluto.

A los 14 días después de la segunda aplicación de Apogee y previa a la tercera aplicación de los tratamientos químicos (mayo 20), la dosis alta y baja de Apogee fueron estadísticamente diferentes entre si y ambos diferentes al testigo absoluto. En esta misma evaluación, se observa que a medida que se incrementa la dosis de Apogee, la reducción del crecimiento es mayor, destacando la dosis alta con una reducción 9.5 cm (47%) en relación al testigo absoluto, mientras que la dosis baja resulto con una reducción de 3.9 cm. (20.4%) en relación al testigo absoluto.

A los 14 días después de la tercera aplicación de Apogee (junio 6), la dosis alta y baja de Apogee fueron estadísticamente diferentes entre si y ambas diferentes al testigo absoluto. En esta misma evaluación, se observa que en las dos dosis de Apogee a medida que se incrementa la dosis, la reducción del crecimiento es mayor, destacando la dosis alta con una reducción 11.3 cm (48.5%) en relación al testigo absoluto, mientras que la dosis baja resulto con una reducción de 4.7 cm. (20.2%) en relación al testigo absoluto. Cabe mencionar que partir de esta fecha ya no se observo crecimiento alguno en los brotes anuales del manzano por lo cual no hay mas datos.

Al observar los cuatro muestreos se puede decir que el producto Apogee en sus dos dosis redujo el crecimiento de los brotes anuales en el cultivo del manzano al compararlos con el testigo absoluto o sin aplicar. Destacando por su reducción la dosis alta de apogee con un 48.5 % seguida por la dosis baja de apogee con un 20.2 %. Apogee si disminuye el crecimiento de los brotes, el cual inicia a finales de abril, teniendo su crecimiento rápido en mayo dejando de crecer la primera semana de junio (Obando, 2003).

El crecimiento de las ramas del manzano, en la presente investigación, queda explicado por el modelo de regresión lineal observado por el testigo sin aplicación, que presentó un ajuste casi perfecto entre los valores observados y los valores predichos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Longitud de rama (cm) de tres tratamientos de Apogee evaluados en cuatro muestreos (FCAYF-UACH. 2005).

Tratamientos	Fechas de muestreos (M_i)							
	M_1 (abril 22) 1ª aplicación		M_2 (mayo 6) 2ª aplicación		M_3 (mayo 20) 3ª aplicación		M_4 (junio 6)	
Testigo	3.69	a	12.07	a	20.36	a	26.32	a
Apogee 545	4.38	a	11.93	a	16.45	b	18.67	b
Apogee 750	4.397	a	8.57	b	10.90	c	12.03	c
DMSH	1.2855		2.0204		3.7141		6.2733	

Cuadro 5. Regresión del crecimiento de ramas sobre periodo de muestreo, significancia estadística y coeficientes de determinación de tres tratamientos (FCAYF-UACH. 2005).

Tratamiento	Ecuaciones de regresión	r^2
Testigo	$\hat{Y}_i = -3.432 + 7.616x$ **	0.99
545 g	$\hat{Y}_i = 1.01 + 4.739x_i$ **	0.94
750 g	$\hat{Y}_i = 2.67 + 2.523x_i$ *	0.93

**, * = Significativo al 1 y 5 % respectivamente.

Se observó un efecto altamente significativo de la interacción tratamiento X muestreo ($p=0.01$), tal como se observa en el cuadro 3. Este efecto puede describirse de modo que el crecimiento natural, observado por las ramas durante el periodo evaluado, estadísticamente si fue detenido por el tratamiento de 545 g y 750 g, si produjo una reducción significativa del crecimiento. Este efecto puede observarse en el cuadro 4 al notarse las tendencias del crecimiento a través de muestreos que para los tratamientos, testigo y 545 g resultaron estadísticamente paralelos hasta el 6 de mayo después de esta fecha se nota que ya no existe esta respuesta, mientras que el crecimiento observado a través de muestreos por el tratamiento de 750 g evidencia una respuesta no paralela al comportamiento respuesta de los dos tratamientos mencionados anteriormente. En el cuadro 6 se muestra el Efecto de Toxicidad que fue evaluado en el transcurso

de los muestreos efectuados durante la investigación.

Cuadro 6. Efectos de toxicidad medida en la aplicación de los tratamientos, según la escala EWRS.

Tratamientos	Nivel de toxicidad/ periodo de muestreo			
	M_1	M_1	M_1	M_1
Testigo	1	1	1	1
545 g	1	1	1	1
750 g	1	1	1	1

De acuerdo a la escala EWRS (Cuadro 2) el numero 1 significa Planta Normal.

El tizón de fuego no se presento durante el estudio por lo cual esta enfermedad no fue evaluada.

Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación del Apogee disminuyó el crecimiento en longitud de las ramas del manzano, lo cual fue observado al aplicar los tratamientos 545 y 750 gr. Esto se debe a la disminución en el proceso de división celular y elongación en el tejido meristemático o ápice, por el efecto de

inhibición causado por el Apogee en la acción de la giberelina y auxinas (Rademacher, 1992), estos resultados coinciden con los obtenidos por (Evans y Regusci, 1999).

Por otro lado, la aplicación del tratamiento inhibidor del crecimiento, no produjo efecto de toxicidad que fue evaluado mediante el empleo de la escala de EWRS (Cuadro 2), al observarse hojas y frutos normales al compararse con el testigo. Este resultado es importante mencionarlo, pues en otros estudios al emplear otros compuestos sintéticos como inhibidores del crecimiento vegetal, se han observado efectos de toxicidad. Tal es el caso de los resultados observados al aplicar clormequat, daminozida y paclobutrazol en el cultivo del manzano (Owens y Stover, 1999).

Conclusiones

1. La aplicación del Apogee redujo significativamente el crecimiento de ramas anuales de manzano, cuando éste fue aplicado en las dosis de 545 y 750 gr de producto comercial. de 20 a un 48 % respectivamente en relación al testigo absoluto.
2. El tizón de fuego no se presentó durante el estudio por lo cual esta enfermedad no fue evaluada.
3. El efecto de supresión del crecimiento se observó en mayor magnitud durante el 3^a y 4^a muestreo. Asimismo, el crecimiento de las ramas en mayor magnitud fue observado durante los muestreos 1^a y 2^a.

4. Apogee en sus dos dosis en estudio no produjo efecto fitotóxico alguno.
5. Se observó una homogeneidad en el tamaño y diámetro del fruto lo que se traduce en un incremento del rendimiento y calidad.

Literatura citada

- EVANS, J. R.; Ishida, C.A.; Regusci, C. L.; Rademacher, W. 1997. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. *HortScience* 324: 557-558.
- EVANS, L.; Regusci, C. L. 1999. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1200-1201.
- FALLAHI, E. 1999. Metabolism, action and use of BAS-125W in apples. *HortScience* 34(7): 1192-1193.
- INFANTE G., S. y Zarate de L., G. 2000. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. Sexta reimpresión. Ed. Trillas. México.
- MARTINEZ G. A., 1988. Diseños Experimentales tomo no. 1, Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México
- OBANDO, R. A.J. et al. 2003. Estudio para evaluar el efecto biológico de Prohexadione-calcium 27.5% wg como regulador de crecimiento vegetal, en el cultivo de manzano en Cd. Cuauhtémoc, Chih. Informe Técnico. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.
- OWENS, L.; Stover, E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1194-1196.
- RADEMACHER, W.; Temple-Smith, K.E; Greggs, D.L.; Hedden, P. 1992. the mode of action of acylcyclohexanoides: A new type of growth retardant. p.p. 571-577. In Karssen, C.M.; Van Loon L.C.; Vreugdenhil, D. (eds.) progress *In: plant growth regulation*. Kluwer academic, The Netherlands.

Este artículo es citado así:

Kiessling-Davison C. M., J. E. Magaña- Magaña, A. Segovia-Lerma, A. J. Obando-Rodríguez, V. H. Villarreal-Ramírez. 2007. Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) "Golden Delicious", Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 2007
TECNOCENCIA Chihuahua 1(3):7-12

Formación de partículas de polietilenglicol en presencia de calcitonina como nuevos biomateriales

Formation of poly(ethylene glycol) particles in the presence of calcitonin as new biomaterials

HUMBERTO ALEJANDRO MONREAL-ROMERO^{1,3}, JULIO VILLEGAS-HAM², REBECA GUZMÁN-MEDRANO², RAQUEL DUARTE-RICO², MARTA LOYA-LOYA², RAMÓN PÁJARO-HERNADEZ², JANETH SARAHÍ PINEDO-HERNANDEZ², EVELYN GARCÍA-TORRES²

Recibido: Enero 02, 2007

Aceptado: Diciembre 14, 2007

Resumen

En este estudio, la formación de partículas de polietilenglicol en presencia de calcitonina de varios tamaños, es presentado. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar una fácil ruta para la formación de nuevos biomateriales usando sistemas biológicos. La muestra de polietilenglicol fue preparada con Calcitonina; subsecuentemente, las muestras fueron sujetas a tratamiento térmico a 28° C. Las características estructurales y morfológicas fueron determinadas usando Difracción de Rayos-X, Microscopia Electrónica de Barrido, Análisis de Energía Dispersiva de Rayos-X y Microscopia Electrónica de Transmisión. Los resultados mostraron la formación de partículas con tamaños de 1 a 3 µm de diámetro. La presencia de fase cristalina no pudo ser detectada mediante difracción de rayos-X. Se observaron además, partículas de 5 nm en la estructura del compuesto. Este resultado, es importante en medicina, porque partículas de Polietilenglicol/Calcitonina pueden ser aplicadas como vehículos farmacéuticos.

Palabras clave: polietilenglicol, calcitonina, biomateriales.

Abstract

In this study, the formation of poly (ethylene glycol) particles in the presence of calcitonin of various sizes is presented. The present work had as objective to show an easy route for the formation of news biomaterials by using biological systems. The samples of poly(ethylene glycol) were prepared with calcitonine; subsequently the samples were subjected to a treatment at 28°C. The structural and morphological characteristics were determined using X-Ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy, Energy Dispersive Spectroscopy, and Transmission Electron Microscopy. Results showed the formation of particles with size of 1 to 3 µm in diameter. The presence of crystalline phase was not detected by X-Ray Diffraction. Also particles of 5 nm were observed in composite structure; this result is important in medicine, since poly(ethylene glycol)/Calcitonin particles could be applied as pharmaceutical vehicles.

Keywords: Poly(ethylene glycol), calcitonin, biomaterials.

¹Profesor investigador, Escuela de Odontología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Universidad s/n Campus Universitario I. C.P 31170, Chihuahua, Chihuahua. Tel. (614) 439-18-34, Fax.(614) 439-18-34

³Dirección electrónica del autor de correspondencia: hmonreal@uach.mx

Introducción

La ciencia de los biomateriales puede ser entendida como la interacción entre diversas áreas médicas y ciencia de materiales para la fabricación de nuevos dispositivos e implantes que son compatibles con tejidos y células. Esto, ha dado paso a que se comience a explorar con una gran variedad de elementos para su diseño, tal es el caso en el cual se han utilizado diferentes polímeros biocompatibles y biodegradables como el ácido poliláctico (PLA), ácido poli(láctico-co-glicólico) (PLGA), polietilenglicol (PEG), entre otros, para formar micelas, hidrogeles y sistemas inyectables para el desarrollo de drogas (Liggins, *et al.*, 2002; Hoffman, 2002; Jeong, *et al.*, 1997).

Estos polímeros, han sido ampliamente investigados para ser usados para diversas aplicaciones, como materiales farmacéuticos, ingeniería de tejidos así como sistemas de encapsulamiento de partículas (Morlock, *et al.*, 1998). Una estrategia usada para modificar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los diferentes polímeros como PLA y PLGA, ha sido el poder incorporar segmentos hidrofílicos de PEG, y además, es conocido que su bajo peso molecular es fácilmente excretado por humanos (Beletsi, *et al.*, 1999; Morlock, *et al.*, 1998; Kissel y Unger, 2002; Jeong, *et al.*, 2000; Huh y Bae, 1999; Bae, *et al.*, 2000; Hrkach, *et al.*, 1997). Algunas estrategias usadas en la síntesis para la fabricación de medicamentos, ha sido el formar hidrogeles y copolímeros utilizando péptidos y proteínas. (Li, *et al.*, 2000; Gref, *et al.*, 2000; Choi, *et al.*, 2001).

Una gran variedad de dendrímeros de uso odontológico, como los derivados de etilendiamina (PAMAM), los cuales son capaces de atraer iones de calcio, han sido modificados; asimismo, se han desarrollado sistemas para construir cristales de fluorapatita en combinación con geles polipeptídicos (Peytcheva y Antonietti, 2001). Las moléculas biológicas presentan gran habilidad para reconocer y procesar diversos complejos de información entre

moléculas orgánicas-inorgánicas (Dupont y Rouxhet, 2001). Una amplia gama de superficies como oro, grafito, y sílice, han sido estudiados para explicar fenómenos como la interacción electrostática entre oligonucleótidos y aminoácidos para producir sustratos inorgánicos con capacidad de

reconocimiento de sustratos naturales que pueden estar relacionados con biomoléculas (Kim y Abbott, 2001). Tal es el caso en donde se unieron albúmina sérica de bovino (BSA), en sustratos de vidrio para formar capas de líquido cristalino de 4'-ciano 4 M'-pentilbifenil (Loidl, *et al.*, 2001).

En el presente trabajo, se presenta una estrategia para sintetizar un compuesto mediante el uso de PEG adicionándole calcitonina. Estos compuestos parecen promisorios para ser usados como materiales de uso médico.

Materiales y métodos

En el presente estudio se utilizaron los materiales: Polietilenglicol (PEG) con peso molecular 8000 (grado Biología Molecular marca Sigma Aldrich); calcitonina de salmón (cat. 05-23-2401 CALBIOCHEM) y agua bidestilada. En un primer paso, se preparó una solución, con 200 mg de PEG y 2 ml de agua bidestilada; posteriormente, la solución (conteniendo PEG) se agitó con un agitador magnético por 24 h para disolver el polietilenglicol. Luego se añadieron a la solución, 10 µl de calcitonina de salmón a una concentración de 10,000 µg/ml, se agitó durante un minuto para homogeneizar ambos compuestos y permitir la interacción de las moléculas de calcitonina y el polietilenglicol. Después se retiró la solución del agitador magnético y se mantuvo a una temperatura de 28°C por un período de siete días. Posteriormente, se caracterizó sin ningún tratamiento previo por medio de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB mod. JSM5800 USA, equipado con Energía Dispersiva de

Rayos-X (EDS); asimismo, se recurrió al uso de Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM Philips mod. CM-200 a 200 kV USA). En la Figura 1 se presenta un modelo sencillo para la formación del gel.

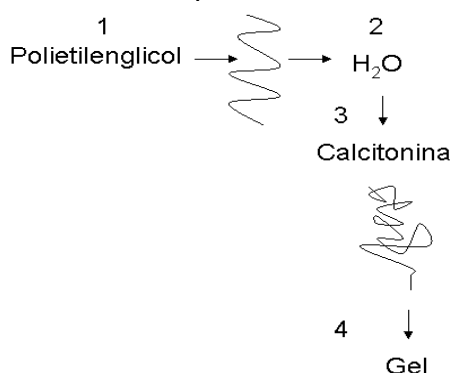


Figura 1. Modelo para la formación del gel basado en polietilenglicol y calcitonina

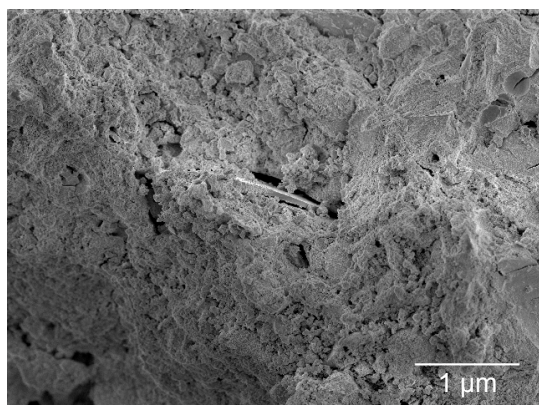
1 y 2 = moléculas de polietilenglicol en agua para producir una solución; **3** = incorporación de la solución conteniendo polietilenglicol a moléculas de calcitonina; **4** = Formación del gel conteniendo PEG/Calcitonina.

Resultados y discusión

El gel fue preparado siguiendo un método similar al descrito por Sugimoto (Sugimoto, *et al.*, 1997). La Figura 2-A muestra una imagen del polietilenglicol en ausencia de calcitonina, se observa una consistencia compacta, homogénea y cuya superficie es irregular.

En la Figura 2-B, por otro lado, se observa la muestra del compuesto en presencia de calcitonina, cuya apariencia es compacta con bordes irregulares y la mayor parte de la superficie porosa. Dicha morfología puede esperarse debido a las redes que forman la estructura del PEG. Derivado de las observaciones en MEB.

A)



B)

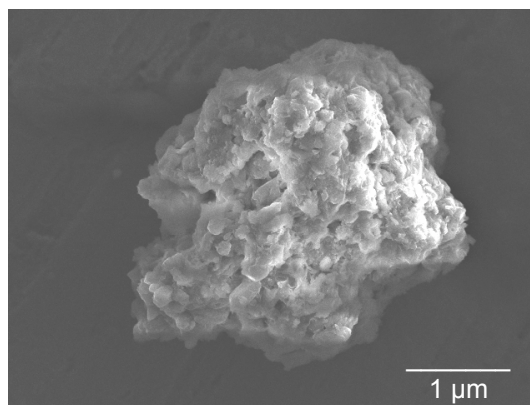
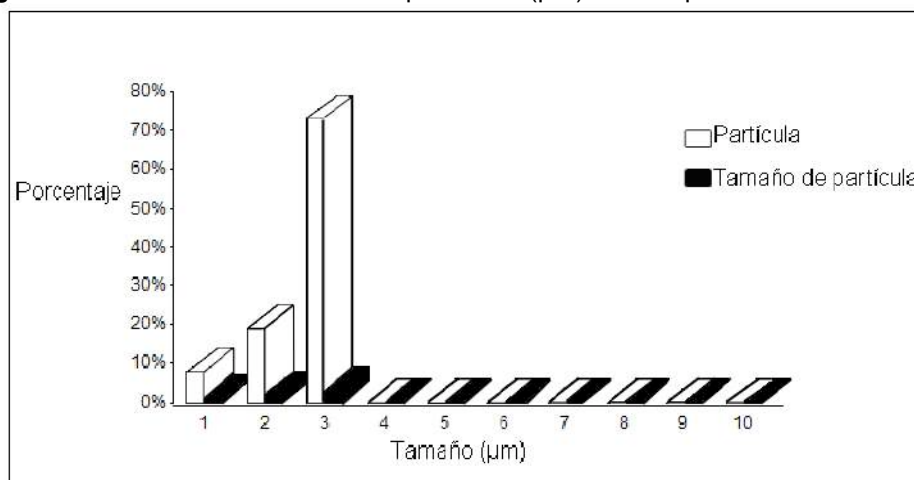


Figura 2. A) Polietilenglicol en ausencia de calcitonina. B) Compósito de Polietilenglicol/Calcitonina.

La Figura 3, muestra la distribución para el tamaño de partículas encontradas y cuyo intervalo oscila entre 1 y 3 μm de diámetro, siendo las partículas de 3 μm las que se encuentran en mayor porcentaje. Algunos procesos para desarrollar compósitos mediante la técnica de precipitación supercrítica antisolvente, con polímeros orgánicos para la liberación de drogas, han sido discutidos en la literatura (Chattopadhyay, *et al.*, 2002). Dichos

procesos no sólo ofrecen la ventaja de usar alcóxidos metálicos, sino también otro tipo de moléculas, y se basan en el control de la reacción por hidrólisis y condensación a través de medios químicos, y no por química coloidal donde los grupos alcoxi OR (R= grupo orgánico saturado o insaturado) son un fuerte donador de enlaces π que estabilizan el alto estado de oxidación del precursor (Kubo, *et al.*, 1998).

Figura 3. Distribución de tamaño de partículas (µm) del compuesto PEG/Calcitonina.



En esta vía y por adición de la calcitonina, la solución puede ser convertida a gel cuando éste puede soportar las fuerzas elásticas de las cadenas, esto es definido como punto de gelación o tiempo de gelación, t_{gel} . Desde este punto, la conversión es gradual y más y más partículas comienzan a ser interconectadas en la red formada entre la calcitonina y PEG, proceso conocido como redes poliméricas interpenetradas, en donde los grupos aminos de la cadena de 32 aminoácidos que componen la calcitonina (Figura 4-A) interactúan con las moléculas de PEG (Figura 4-B).

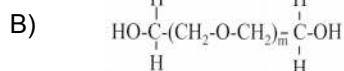
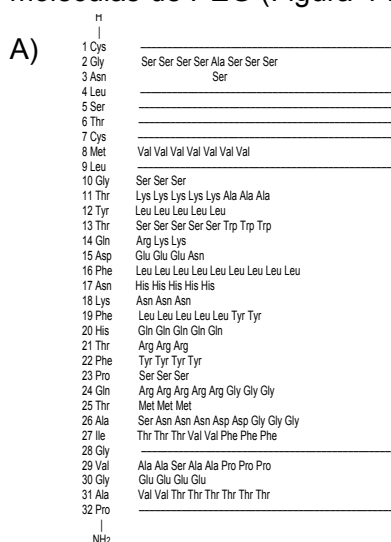


Figura 4. A) Secuencia de 32 aminoácidos de la cadena polipeptídica que conforma la calcitonina, B) Estructura del polietilenglicol.

En este caso la relación calcitonina:polietilenglicol fue mantenida en 1:20, para activar una buena dispersión de la primera en la matriz polimérica de polietilenglicol, esto permite que la unión de la calcitonina se lleve a cabo. Los parámetros de optimización están actualmente bajo investigación así como estudios de biodisponibilidad en modelos animales y tejidos dentales y podrán ser presentadas en una futura publicación.

En la Figura 5 se presenta un análisis semicuantitativo, obtenido mediante EDS, de los compuestos químicos que contiene la muestra del compuesto PEG/Calcitonina; se puede identificar un pico superior que corresponde al carbono con un porcentaje en peso de 64.89 %, un pico menor correspondiente al oxígeno con un porcentaje en peso de 30.28 %, y dos picos inferiores que corresponden a azufre con porcentaje en peso de 0.39 %, y al calcio con 0.31 %, respectivamente.

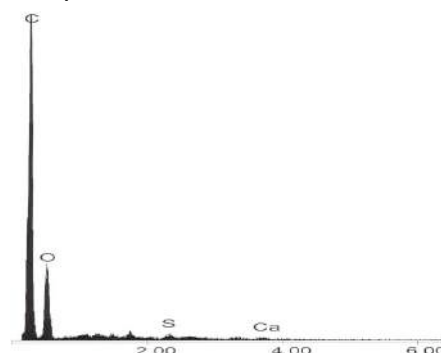


Figura 5. Espectro de análisis de energía dispersiva de rayos-X de los compósitos PEG/Calcitonina.

La estructura de los compósitos se estudió mediante difracción de rayos-X. Como se observa en el difractograma de la Figura 6, no existen picos de difracción que permitan la identificación del compuesto; se cree que esto es debido a la rápida evaporación del agua durante el secado del gel. Trabajos relacionados con el desarrollo de compuestos poliméricos reportan la formación de fases cristalinas al emplear técnicas hidrotermales, dependiendo de los compuestos poliméricos y el tratamiento térmico usado (Mogyrosi, *et al.*, 2003).

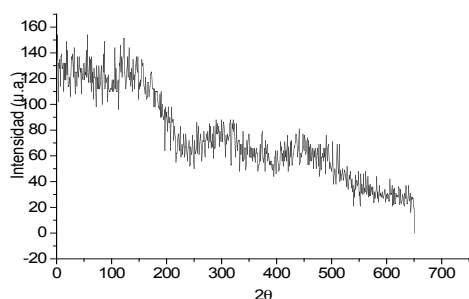


Figura 6. Difractograma de rayos- X de los compósitos PEG/Calcitonina.

Por otro lado, en la Figura 7, se observa una imagen de los compósitos PEG/Calcitonina mediante TEM en modo de campo claro; en esta imagen se aprecia la porosidad de la estructura conformada por gránulos con tamaños de aproximadamente 5 nm.

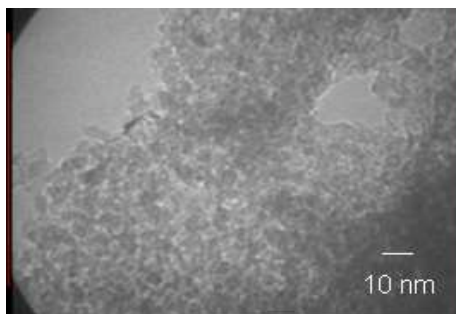


Figura 7. Imagen de TEM de los compósitos PEG/Calcitonina.

Para analizar la interacción entre la calcitonina y el polietilenglicol se realizó una espectroscopia infrarrojo Figura 8, durante el proceso de entrecruzamiento aparecen en el espectro bandas a 2100, 820 y 3000 cm^{-1} que

corresponden a la formación de puentes de hidrogeno (H), ya que los grupos O_2 libres que se encuentran en el PEGP, pueden atraer H que se encuentran formando parte de la cadena lateral de algunos aminoácidos como tirosina, treonina y serina que se encuentran en la molécula de calcitonina.

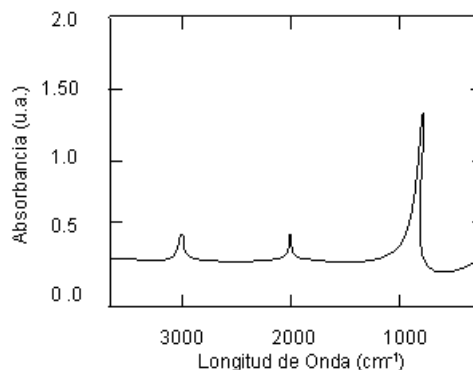


Figura 8. Espectro de análisis infrarrojo del compuesto PEG/Calcitonina

Además, el grupo carboxilo de la calcitonina, también puede formar puentes de hidrogeno con el hidrogeno de los grupos OH del PEG. Aunque en este espectro no se detectó la presencia de enlaces covalentes, cabe especular que se pueden formar dichos enlaces por la atracción de cargas residuales entre el oxígeno y el hidrógeno, la cual formaría una atracción electrostática entre ambos compuestos, Figura 9.

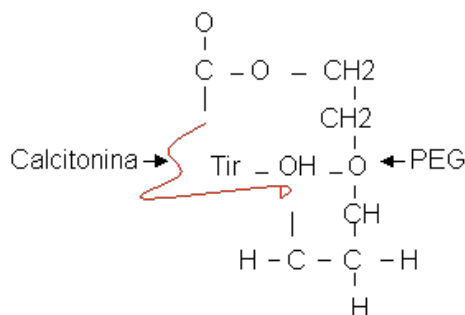


Figura 9. Mecanismo de interacción entre la calcitonina y polietilenglicol.

Conclusiones

Se ha desarrollado un modelo para la formación de nuevos biomateriales usando polietilenglicol y calcitonina. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido y de Transmisión, revelaron que las partículas obtenidas presentaron diámetros entre 1 y 3 μm . La operación de este método de síntesis es simple y todos los procesos de reacción son llevados en solución.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Centro de investigación en Materiales Avanzados S. C. (CIMAV) y a Wilber A. Paraguay F., por el soporte técnico para la realización de este estudio. 

Literatura citada

- BAE, Y., H. K. M. Huh, Y. Kim, and K. H. Park. 2000. Biodegradable amphiphilic multiblock copolymers and their implant for biomedical applications. *J. Control Rel.* 64:3-13.
- BELETSL, A., L. Leontiadis, P. Klepetsianis, D. S. Ithakissios and K. Avgoustakis. 1999. Effect of preparative variable properties of poly(d,l-lactide-co-glycolide)-methoxypoly(ethyleneglycol) copolymers related to theirs in controlled drug delivery. *Int. J. Pharm.* 182:187-197.
- CHATTOPADHYAY, P., and R. B. Gupta. 2002. Protein nanoparticles formation by supercritical antisolvent with enhanced mass transfer. *J. Am. Inst. Chem. E.* 48(2):235-44.
- CHOI, Y., S. Y. Kim, S. H. Kim, K. S. Lee, C. Kim and Y. Byun. 2001. Long-term delivery of all-trans-retinoic acid using biodegradable PLLA/PEG/PLLA blended microspheres. *Int. J. Pharm.* 215: 67-81.
- DUPONT, C., C. and P.G. Rouxhet. 2001. Modulable Nanometer-Scale Surface Architecture Using Spin-Coating on an Adsorbed Collagen Layer. *Nano Lett.* 1:245.
- KIM, S., R. and N. L. Abbott. 2001. Rubbed Films of Functionalized Bovine Serum Albumin as Substrates for the Imaging of Protein-Receptor Interactions Using Liquid Crystals. *Adv. Mater.* 13(19):1445-1449.
- GRAF, R., M. Luck, P. Quellec, M. Marchand, E. Dellacherie, S. Harnisch, T.
- Blunk, and R.H. Miller. 2000. Stealth copolymer nanoparticles surface modified by polyethylene glycol (PEG): Influences of the corona (PEG chain surface density) and of the core composition on phagocytic uptake and plasma protein adsorption and surface B. *Biointerfaces* 18:301-313.
- HOFFMAN, A., S. 2002. Hydrogels for biomedical applications. *Adv. Drug Delivery Rev.* 43:1-12.
- HRKACH, J., S. M.T. Peracchia, A. Domb, N. Lotan and L. Robert. 1997. Nanotechnology for biomaterials engineering structural characterization of amphiphilic polymeric nanoparticles by ^1H NMR spectroscopy. *Biomaterials* 18:27-30.
- HUH, K., M. and Y. H. Bae. 1999. Synthesis and characterization of Poly(ethylene glycol)-poly(lactic acid) alternative multiblock copolymers. *Polymer.* 40:6147-6155.
- JEONG, B., Y. H. Bae, and S. W. Kim. 2000. Drug release from biodegradable injectable thermosensitive hydrogel of PLGA-PEG triblock copolymers. *J. Control Rel.* 63:155-163.
- KISSEL, T., Y. Li, and F. Unger. 2002. ABA- triblock copolymers from biodegradable polyester A-blocks and hydro(ethylene oxide) B- block as a candidate for in situ forming hydrogel delivery systems for proteins. *Delivery Rev.* 54(1):99-134.
- KUBO, M., T. Kawakatsu and T. Yonemoto. 1998. Modeling of continuous synthesis process of TiO_2 particles using slugflow tubular reactor. *Trans I ChemE* 76: 669-676.
- LI, Y., P. Y. Y. Pei, X. Y. Zhang, Z. H. Gu, Z. H. Zhou, Y. F. Yuan, J. J. Zhou, J.
- H. Zhu and X. J. Gao. 2001. PEGylated PLGA nanoparticles as protein carriers: synthesis, preparation and biodistribution in rats. *J. Control Rel* 71(2): 203-211.
- LIGGINS, R., T. and H. M. Burt. 2002. Polyether-polyester diblock copolymers for the preparation of paclitaxel loader polymeric micelle formations. *Adv. Drug Delivery Rev.* 54:191-202.
- LOIDL, S., A. J. Schmitt, J. Noller, T. Hartmann, H. Brodowski, W. Schmitt and J. Keldenich. 2001. Solid-Supported Biomolecules on Modified Silica Surfaces – A Tool for Fast Physicochemical Characterization and High-Throughput Screening. *Adv. Mater.* 13(23):1829-34.
- MOGYROSI, K., I. Dekani and J. H. Fendler. 2003. Preparation and characterization of clay mineral Intercalated titanium dioxide nanoparticles. *Langmuir* 19:2938-2946.
- MORLOCK, M., T. Kissel, Y. X. Li, H. Koll, and G. Winter. 1998. Erythropoietinloaded microspheres prepared from biodegradable LPGL-PEO-LPLG triblock copolymers: protein stabilization and in -vitro release. *Control Rel.* 56:105-115.
- PEYTCHEVA, A., and M. Antonietti. 2001. Carving on the NanoscaleTM: Polymers for the Site-Specific Dissolution of Calcium. *Angew. Chem. Int.* 40(18):3380-3383.
- SUGIMOTO, T., K. Okada and H. Itoh. 1997. Synthetic of Uniform Spindle-Type Titania particles by the Gel-Sol. *J. Colloid Int. Sci.* 193(1):140-143.

Este artículo es citado así:

MONREAL-ROMERO H. A., J. Villegas Ham, R. Guzmán-Medrano, R. Duarte-Rico, M. Loya-Loya, R. Pájaro-Hernández, J. S., Pinedo-Hernández E. García-Torres. 2007. Formación de partículas de polietilenglicol en presencia de calcitonina como nuevos biomateriales. *TECNOCENCIA Chihuahua* 1(3):13-20.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

HUMBERTO ALEJANDRO MONREAL ROMERO. Cursó la Licenciatura en Enfermería en la Facultad de Enfermería y Nutriología (1994-2000). En el año (2000-2002) realiza sus estudios de Maestría en Ciencias en Biotecnología en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es Doctor en Ciencia de Materiales por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV), de la Ciudad de Chihuahua (2003-2006). Su especialidad es en las áreas de Nanotecnología y Bionanotecnología, parte de su trabajo esta relacionado con la síntesis de Nuevos Biomateriales usando biomoléculas como DNA, aminoácidos y proteínas, del 2005 a la fecha funge como árbitro del Instituto de Publicaciones de Física RU en el área de Nanotecnología, tiene alrededor de 7 publicaciones en revistas internacionales indexadas y 2 en revistas arbitradas, ha sido distinguido como miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI, CONACYT).

JULIO VILLEGAS HAM. Realizó sus estudios de Licenciatura de Cirujano Dentista, por la ENEP Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México (1978-1983.) Cursó la especialidad en Odontología Pediátrica (UNAM, 1986-1987)). Es Candidato a Doctor en Odontología por la Universidad de Navarra España (2002-2007). Su área de trabajo versa sobre el comportamiento y desarrollo in vivo e in vitro de Nuevos Biomateriales, ha sido Evaluador Nacional de CONAEDO de Programas Académicos del Área Odontológica (2002).

REBECA GUZMÁN MEDRANO. Cursó la Licenciatura de Cirujano Dentista en la Facultad de Estudios Superiores (FES) Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), (1989 – 1992). Realizó estudios de Especialidad en Patología Bucal y Diagnóstico Integral por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)) (1998 – 2000). Obtuvo la Maestría en Ciencias en Patología Experimental por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), (2004). Es Candidato al Grado de Doctor en Educación con Especialidad en Investigación por la Universidad Autónoma de Chihuahua (2006). Ha trabajado en las áreas de Patología Bucal, Diagnostico Molecular de enfermedades infecciosas y cáncer así como síntesis de Biomateriales, ha sido miembro de la sociedad médica científica del Instituto Nac. De Cancerología de 1999-2001, cuenta con 2 publicaciones en revistas internacionales indexadas,

RAQUEL DUARTE RICO. Cursó la Licenciatura de Químico Biólogo Parasitólogo en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (2000). Obtuvo su grado de Maestría en Salud en el Trabajo por la Facultad de Enfermería y Nutriología UACH (2007). Su área es sobre Salud en el Trabajo y Microbiología Clínica.

MARTHA LOYA LOYA. Realizó sus estudios de Licenciatura de Químico Biólogo Parasitólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (1982), y la carrera de Contador Público por la misma Universidad (1987). Cursó estudios de Maestría en Salud en el Trabajo en la Facultad de Enfermería y Nutriología UACH (2006). Ha trabajado en las áreas de Microbiología Clínica y Experimental así como Seguridad e Higiene, tiene diversas publicaciones en las áreas de Trabajo, Salud y Ambiente.

RAMÓN PÁJARO HERNÁNDEZ. Cursó la Carrera de Químico Farmacobiólogo por la Universidad de Cartagena Colombia (1972). Es Candidato a Maestro en Biología de la Reproducción Animal por la Universidad Autónoma Metropolitana (2008). Su trabajo esta relacionado con el área de la Biología de la Reproducción y Efectos Toxicológicos de diversos metales pesados en tejidos in vivo e in Vitro.

JANETH SARAHI PINEDO HERNÁNDEZ. Cursa actualmente la Carrera de Cirujano Dentista (pasante 2008) en la Escuela de Odontología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Su participación ha sido la síntesis de biomateriales para aplicaciones dentales.

EVELYN GARCIA TORRES. Cursa la Carrera de Cirujano Dentista (pasante 2008) en la Escuela de Odontología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ha participado en la elaboración de nuevos biomateriales para usos odontológicos

Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua

Morphometric of San Pedro Basin, Conchos, Chihuahua.

OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES-OLIVAS^{1,4}, LUIS FERNANDO ESCOBOZA-GARCÍA¹, CARMELO PINEDO-ÁLVAREZ², ALFREDO PINEDO-ÁLVAREZ², VÍCTOR MANUEL REYES-GÓMEZ⁴, JESÚS ADOLFO ROMÁN-CALLEROS¹, ADOLFO PÉREZ-MÁRQUEZ¹

Recibido: Octubre 7, 2007

Aceptado: Enero 9, 2008

Resumen

La caracterización de las propiedades morfométricas y la red de drenaje de una cuenca es el primer paso en la búsqueda de las relaciones entre esta y las condiciones climáticas y geológicas que determinan su evolución. En el presente trabajo, se analizaron los parámetros morfométricos de la cuenca del río San Pedro, Conchos que establecen el comportamiento evolutivo de la misma. Se empleó el MDE escala 1:50,000 para cálculo de superficie, perímetro, forma, relieve y densidad de drenaje. Para forma, los índices de compactidad y elongación fueron: 2.41 y 0.56, respectivamente, indicando que la cuenca varía de oval-oblonga a rectangular que influye en la actividad dinámica del drenaje y en el tiempo de concentración de las aguas de lluvia al cauce principal. La curva y el análisis hipsométrico generado a partir de las altitudes, mostraron una estrecha correlación ($R^2 = 0.96$) indicando que la zona se encuentra en una etapa intermedia entre la fase de equilibrio relativo o de madurez y la de desequilibrio o juventud, implicando un potencial erosivo que no debe subestimarse. La densidad de drenaje ($.80 \text{ km km}^{-2}$), muestra que la cuenca está pobremente drenada donde la textura y la vegetación juegan un papel importante en la retención de lluvia e infiltración con un tiempo de concentración de escurrimientos de 31 d. Las características morfométricas y la red de drenaje tan solo atenúan los efectos y la vigorosidad de las crecidas importantes para estudios de eventos inesperados de precipitación en el año.

Palabras clave: morfometría, escurrimiento, red de drenaje.

Abstract

The characterization of morphometric properties and the drainage web of a basin is the first step in the search of the relations between these and the climatic and geological conditions that determine its evolution. This work analyzed morphometric parameters in San Pedro Basin River, Conchos, that establish its evolutionary behavior. A DEM (Digital Elevation Model) scaled to 1:50,000 was used to calculate (surface, perimeter, shape, relief and drainage density). For shape, compactness and elongation indexes (2.41 and 0.56 respectively) showed that its shape is oval – oblong to rectangular, which influences the drainage dynamic activity and the lag time of rain water in the principal channel. The curve and hypsometric analysis generated, based on the altitudes, showed a strong correlation ($R^2 = 0.96$), indicating that this zone is found in an intermediate stage between a relative balance or maturity and unbalance or youth, implicating an erosive potential that shouldn't be underestimated. The drainage density ($.80 \text{ km km}^{-2}$) shows that the basin is poorly drained, where texture and vegetation play an important role in rain water retention and infiltration with a drainage concentration time of 31 d. It is concluded that the morphometric characteristics and the drainage web do not increase but lighten the effects and force of the floods important for yearly unexpected precipitation events studies.

Keywords: Morphometrics, drainage, drainage web.

¹ Profesor investigador, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Calle a Delta/Oaxaca S/N, CP 21705, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. Tel. (686) 523-0079. Fax (686) 523-0217.

² Departamento de Recursos Naturales, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua., Periférico Francisco R. Almada, Km 1. Tel: 614 434-03-03.

³ Centro de Investigación Sobre Sequía, Instituto de Ecología, A.C. Km 33.3 Carretera Chihuahua-Cuauhtemoc, Chihuahua C.P. 32900. Tel. 614 459 60 18

⁴ Dirección de correspondencia: oviramon@gmail.com

Introducción

La subcuenca San Pedro pertenece a la cuenca del río Conchos, la más importante en el estado de Chihuahua, siendo un sistema fluvial donde sus atributos mayores se originan en la Sierra Madre Occidental y cuya función integral tiene que ver con la disponibilidad de agua y de otros recursos naturales (CNA, 2002). Los fenómenos hidrológicos que ocurren en una unidad fisiográfica conocida como cuenca y sus aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por la precipitación y donde los excedentes de agua convergen en un punto espacial único llamado cauce principal que influye en la dinámica de la zona (Maldonado *et al.*, 2001)

El proceso de caracterización de las propiedades morfométricas de la red de drenaje, es el primer paso en la búsqueda de las relaciones entre estos y las condiciones climáticas, geológicas e hidrológicas que determinan la evolución de la cuenca (Navarrete, 2004). Murillo (2002) explican, que la extracción de modelos derivados como el mapa de pendientes ha permitido reconocer rasgos morfológicos mediante técnicas de análisis geomorfométricos clásicos que incluyen la fotointerpretación, análisis del mapa geológico y campo. Para González (2004) el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y el empleo de modelos digitales de elevación (MDE) para el reconocimiento de rasgos morfológicos ha sido importante en los últimos 15 años, los cuales se han orientado a la caracterización medioambiental del terreno derivando redes de drenaje de una zona y surgiendo como una alternativa importante para manejar, planear y evaluar los recursos naturales de una cuenca (Pinedo *et al.*, 2007) por lo que es posible analizar y simular diversos procesos que ayuden a interpretar el origen y la dinámica de espacios naturales con una precisión razonable a bajo costo y tiempo de operación, para el análisis de la información (Everitt *et al.*, 2006).

El comportamiento de la red hidrológica, puede verse modificado por las propiedades morfométricas de las cuencas (forma, pendiente y red hidrológica) que tienen que ver con la respuesta del caudal recibido y que pueden operar tanto para disminuir o intensificar las crecidas ya que éstas, actúan incrementando el volumen del flujo y la

velocidad de su movimiento que son determinantes para evitar desastres en caso de fuertes lluvias (Robinson, 2000).

En base a lo anterior, el objetivo principal de esta investigación fue analizar las características morfométricas de la cuenca del río San Pedro, Conchos, a partir de MDE y tecnología SIG para determinar parámetros de forma, relieve y red de drenaje.

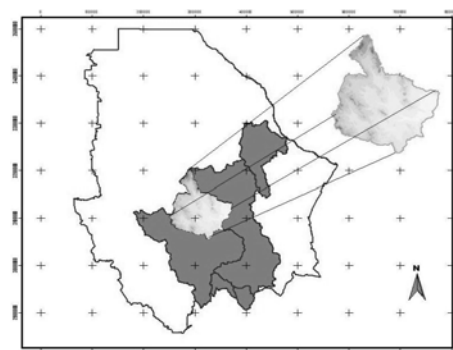
Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Agua y Suelo del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicado en el Ejido Nuevo León, Mexicali en coordinación con el Centro de Investigación Sobre Sequía (CEISS) del Instituto de Ecología A.C., localizado en el kilómetro 33.3 de la Carretera Chihuahua-Ojinaga.

Descripción del área de estudio.

El área de estudio (cuenca del río San Pedro) tiene una superficie de 12, 492.53 km² (Figura 1) que representa el 4.84 % del estado de Chihuahua ubicada en la Región Hidrológica 24, Río Bravo (INEGI, 1999).

Figura 1. Localización de la cuenca del río San Pedro, Conchos.



Se encuentra limitada al norte por la Sierra Azúl; al noroeste por la de Bernabé; al oeste por las estaciones de la Sierra Madre Occidental; al sureste por La Cieneguilla y al este por la Presa Francisco I. Madero (Ariel, 1985).

Para la parametrización se obtuvo área y perímetro, longitud de la cuenca, elevación media, desnivel del cauce principal derivado a partir del MDE 1:50,000 (INEGI, 1999) con el apoyo de los programas SIG.

Metodología

Parametros de Forma:

a) Coeficiente de Compacidad (Cc) o Índice de Gravelius (1914). Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de una circunferencia; sus resultados estarán basados en la clasificación de Campos (1992) mostrados en el Cuadro 1. Cuánto más cercano esté el índice a la unidad, la cuenca será más circular y por tanto más compacta, y en la media que aumenta, la cuenca adquiere una forma más oval.

La fórmula de Gravelius, está dada por:

$$C_c = \frac{(0.282)(P_c)}{\sqrt{A}}$$

Donde:

C_c = Coeficiente de compacidad.

A = Área de la cuenca.

P_c = Perímetro de la cuenca.

Cuadro 1. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.

Clase de Forma	Índice de Compacidad (Cc)	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26-1.50	Oval-redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 a más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

(Campos, 1992)

b) Razón de Elongación (Re). Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la

misma. La fórmula es la propuesta por Shumm (1956):

$$Re = \frac{(1.128)(\sqrt{A})}{L_c}$$

Donde:

Re = Relación de elongación.

L_c = Longitud del cauce principal de la cuenca.

A = Área.

La fórmula anterior, es la más extendida para calcular este índice debido a la alta correlación que guarda con la hidrología de la cuenca. Valores cerca a la unidad implicará formas redondeadas y cuanto menor sea a la unidad, será más alargada (González, 2004).

c) Factor de Forma (F). Este factor fue propuesto por Horton (1945) donde relaciona el área de la cuenca y la longitud de la misma. En este sentido, valores inferiores a la unidad indican cuencas alargadas y aquellos cercanos a uno, son redondeadas. Se expresa con la fórmula:

$$F = A / L^2$$

Donde:

A = Área de la cuenca.

L^2 = Longitud de la cuenca.

d) Tamaño de la cuenca. Para definirla, Campos (1992) propone una clasificación basada en la superficie de la misma (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación propuesta para el tamaño de cuencas.

Tamaño de la Cuenca (km ²)	Descripción
Menos de 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia Pequeña
500 a 2,500	Intermedia Grande
2500 a 5000	Grande
Más de 5000	Muy Grande

(Campos, 1992)

Parámetros de relieve

A mayor pendiente, corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal, (Navarrete, 2004). Algunos parámetros destacan:

a) Curva Hipsométrica. Permitirá caracterizar el relieve, obteniéndose a partir de las cotas de altitud registradas en los MDE 1:50,000 y complementado con la estimación de la superficie acumulada por cada cota.

b) Pendiente media de la cuenca. Es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la misma y permite hacer comparaciones entre cuencas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La fórmula, es:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$ = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

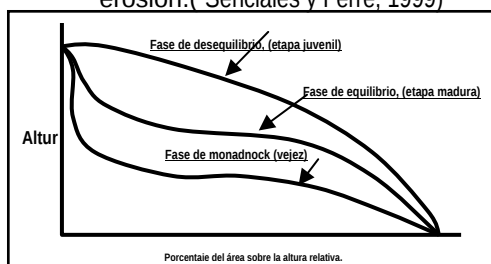
E = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

A = Superficie de la cuenca (Km²).

c) Elevación media. A partir de la curva hipsométrica, se determinará la elevación media equivalente al 50% del área de la cuenca, donde en el eje "X" del gráfico se aplicará el porcentaje.

d) Análisis hipsométrico. Con el propósito de comparar la cuenca con otros sistemas hidrográficos se empleó el criterio propuesto por Campos (1999) que considera la relación entre las alturas parciales y la altura total, así como las áreas parciales entre curvas de nivel y el área total. En base al análisis hipsométrico, podremos determinar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca (Figura 2).

Figura 2. Modelo de curvas hipsométricas del ciclo de erosión. (Senciales y Ferre, 1999)



Red de Drenaje. Según Llamas (1993) es el arreglo de los canales que conducen las corrientes de agua dentro de la cuenca integrada por un río principal y una serie de tributarios cuyas ramificaciones se extienden hacia las partes más altas de la misma.

a) Densidad de drenaje. Definida para una cuenca como la longitud media de curso por unidad de superficie, calculándose mediante la expresión:

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

Donde:

D = Densidad de drenaje (km⁻¹).

$\sum L$ = Suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km).

A = Superficie de la cuenca (km²).

b) Pendiente media del cauce principal. Con este parámetro, se obtiene la pendiente media del río y su potencial para erosionar. Se expresa con "i" y se calcula con la fórmula:

$$i = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_c} * 100 \text{ invtg}$$

Donde:

i = Pendiente media del cauce principal (%).

H_{max} = Altura máxima del afluente principal.

H_{min} = Altura mínima del afluente principal.

L_c = Longitud del cauce.

Dependiendo de la media del cauce principal, la cuenca se clasifica según el (Cuadro 3) propuesto por Saavedra (2001):

Cuadro 3. Valores para relieve o topografía del terreno.

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

(Saavedra, 2001)

c) Criterio dos de pendiente del cauce principal. Consiste en eliminar 15% de la longitud del cauce, desde el punto más alto ó punto superior y 10% de la longitud del cauce desde la salida (punto inferior) debido a la inconsistencia existente en la velocidad inicial de escurrimiento con la final:

$Criterio2 = LCP - 25\%$ de su longitud

Donde:

LCP = Longitud del cauce principal.

d) Tiempo de concentración. Tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca a la sección de salida, calculándose mediante la siguiente fórmula:

$$tc = \frac{(4 \sqrt{S} + 1.5 L)}{(0.8 \sqrt{H})}$$

Donde:

tc = Tiempo de concentración (h).

S = Área de la cuenca (km^2).

L = Longitud del cauce principal (km).

H = Elevación media de la cuenca (km).

e) Orden de la corriente. Refleja el grado de ramificación dentro de la cuenca. Horton (1945) clasificó en tres el orden de las corrientes, asignado el orden "1" a las más pequeñas, aquellas que no están ramificadas; el "2", a las que tienen ramificaciones o tributarios de primer orden; el "3", aquellas con dos o más tributarios de orden dos o menor. Por lo tanto el orden de la corriente principal será un indicador de la magnitud de la ramificación y de la extensión de la red de drenaje dentro de la cuenca.

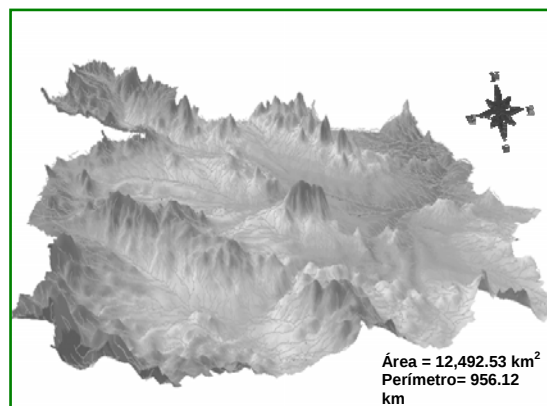
f) Centro de gravedad del cauce principal.

Es la distancia media o punto medio del cauce principal.

información cartográfica y de los MDE (González, 2004). La subcuenca del río San Pedro es un sistema hidrológico en el que se reflejaron acciones recíprocas entre parámetros y variables(índices de forma, relieve y densidad de drenaje). Las segundas, se clasificaron en acciones externas conocidas como entradas y salidas al sistema (Ortiz, 2004). En cambio, los parámetros permanecieron constantes en el tiempo y permitieron explicar las características morfométricas de la cuenca.

Área y perímetro. Dependiendo de la ubicación, el tamaño de la cuenca influye la escorrentía (Figura 3). El área obtenida a partir de MDE 1:50,000 fue de 12,492.53 km^2 y según Ortiz (2004) le corresponde denominarla "cuenca" y no sub-cuenca debido al tamaño en km^2 según la calificación de Campos (1992). Sin embargo, la CNA (2002) difiriendo de lo anterior, nombra a la cuenca en estudio como subcuenca en base a efectos de índole administrativo, concluyendo que la terminología en muchos de los casos es relativa pues no existe una idea exacta de lo que puede ser una micro, macro, sub o una cuenca. Finalmente, el perímetro encontrado fue 956.12 km, importante para los calculos morfométricos posteriores.

Figura 3. Morfometría del Modelo Digital de Elevación en .d, que representa la cuenca del río San Pedro-Conchos, Chihuahua.



Parámetros de forma. Para Llamas (1993) representa la configuración geométrica tal y como está proyectada sobre un plano horizontal. Esta forma, de acuerdo con

González (2004) gobierna la tasa a la cual se suministra el agua al cauce principal, desde su nacimiento hasta su desembocadura.

a) Coeficiente de Compacidad (Cc). El índice obtenido fue 2.41 (adimensional), indicando que la cuenca San Pedro tiene forma oval-oblonga a rectangular alargada (Figura 4) lo que puede intensificar el vigor de las avenidas al menos en las desembocaduras y la onda de crecida que puede manifestarse fuertemente antes del cuace principal. El Cc, puede ser un indicador para prevenir inundaciones o llegadas repentinas de agua en ciertos poblados cercanos a cauces o arroyos pues la duración de los escurrimientos al cauce principal puede ser más rápido (Maldonado *et al.*, 2001).

b) La Razón de Elongación (Re). Se evaluó mediante el índice propuesto por Shumm (1956) que es la mejor correlación que guarda con la hidrología de la cuenca, describiendo un aspecto de la organización de la red de drenaje; el valor encontrado fue **0.56**, que implica ser una cuenca alargada y para Senciales y Ferre (1999) los índices más bajos a la unidad, son aquellos que se dan en áreas con relieve y pendientes pronunciadas. Lo anterior, coincide con los valores presentadas por Doffo y González (2005) al calcular la *Re* en varias sub cuencas del alto arroyo las Lajas, Argentina, los cuales mostraron una $R^2=0.97$ entre el índice y la forma que pueden ser determinantes para hacer predicciones de posibles contingencias meteorológicas en una determinada zona (Figura 4).

Factor de Forma. Aplicando la fórmula para conocer la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma al cuadrado de Horton (1945) el índice obtenido fue .013 que corresponde a una cuenca alongada lo que hace a la San Pedro una zona moderadamente retardada entre el momento de la precipitación y el de crecida en la desembocadura, pero al mismo tiempo, más acusada y súbita es la misma crecida y por tanto más alto riesgo de inundaciones (Guido y Busnelli, 1993). Sin embargo, la forma se considera una característica cuyo concepto es complejo con muchos atributos específicos lo que hace difícil caracterizar de manera real este parámetro mediante un simple resultado numérico.

Figura 4. Forma oval-oblonga a rectangular en la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua



Parámetros de Relieve.

La mayor parte de los fenómenos hidrológicos se encuentran influidos por las geoformas del terreno. En el Cuadro 4 se presentan los valores correspondientes a los datos de la hipsometría progresiva los cuales se pueden modificar en función de la misma altura relativa, permitiendo estimar el estado dinámico potencial de la cuenca bajo la hipótesis de que esta función, relaciona altitud con el área que cambia con el tiempo en la medida que la cuenca sufre los efectos de la erosión.

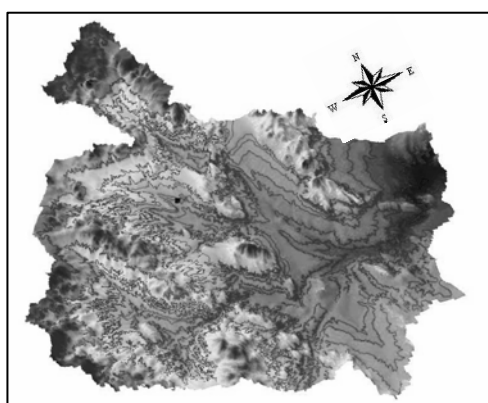
Cuadro 4. Hipsometría en la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua

Intervalo entre curvas de nivel	Cota media	Área	Área	Porcentaje de área acumulada
(msnm)	(m)	(km ²)	total(%)	(%)
2915-2743	2829	0.34	0.01	0.01
2743-2571	2657	11.13	0.1	0.11
2571-2399	2485	83.4	0.78	0.89
2399-2227	2313	362.71	3.39	4.28
2227-2056	2	1		
	141.5	027.66	9.61	13.89
2056-1884	1970	1655.14	15.48	29.37
1884-1712	1798	2576.62	24.1	53.47
1712-1540	1626	2545.23	23.8	77.27
1540-1368	1454	1787.27	16.71	93.98
	1			
1368-1197	282.5	643.65	6.02	100

a) Curva y Analisis Hipsométrico. Guerra y González (2002) atribuyen las diversas formas de la curva hipsométrica a una actividad diferencial entre los procesos de construcción tectónica y degradación por erosión, actividades no necesariamente relacionadas con la edad de

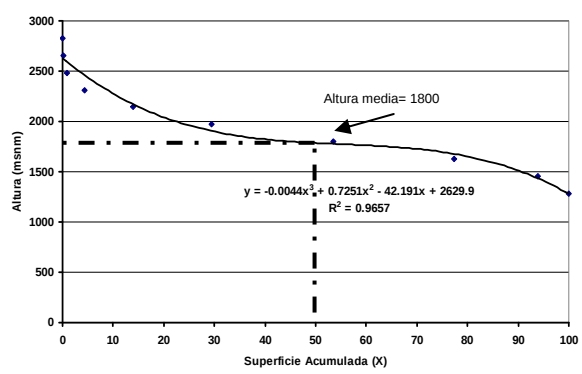
la cuenca. El mapa base utilizado tiene equidistancias de 171 m (Figura 5) entre curvas de nivel, resultando 10 clases entre los 2743 y 1368 msnm, una entre 2743 y 2915 msnm y otra adicional entre 1368 y 1197 msnm.

Figura 5. Curvas de nivel de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua



La distribución del análisis hipsométrico según el esquema de Strahler (1952) en la cuenca del río San Pedro se encuentra en una etapa intermedia entre la fase de equilibrio relativo o de madurez y la de desequilibrio o juventud, obviamente evolucionado hacia la etapa de madurez como se corrobora con el análisis hipsométrico respresentado en la Figura 6 y cuya $R^2 = 0.96$, indicando alta correlación con lo antes afirmado. Ello también implicaría, un potencial erosivo que no debe despreciarse y cuya evidencia son las toneladas de asolve que se despositan en la presa Las Virgenes y que generan también problemas al final del cauce principal al unirse con el río Conchos.

Figura 6. Distribución del análisis hipsométrico, cuenca del río San Pedro-Conchos, Chihuahua.



b) Elevación media. A partir del 50 % de la superficie acumulada y con el trazo de una línea perpendicular al eje "X" hasta unirse a la curva hipsométrica y con otra horizontal al eje "Y", la elevación media de la cuenca fue de 1,800 msnm (Figura 5).

c) Pendiente media de la cuenca. Esta fue de 14.21 % (Cuadro 6) que representa un suelo accidentado a accidentado medio que evidentemente favorece parcialmente la escorrentía (Senciales y Ferre, 2001). Sin embargo, habría que resaltar la presencia de cobertura boscosa que ocupa la parte alta y media de la cuenca favoreciendo la infiltración gracias a la intercepción de la lluvia por la vegetación y en consecuencia la disminución en la velocidad del agua que escurre superficialmente.

Parámetros Relativos a la Red de Drenaje

La red de drenaje es el sistema jerárquico de cauces, desde los pequeños surcos hasta los ríos, que confluyen unos en otros configurando un colector principal de toda la cuenca, teniendo la función de transportar materia y energía en el interior de la misma (González, 2004).

Cuadro 5. Datos para la pendiente media de la cuenca del río San Pedro-Conchos, Chihuahua.

Suma de longitudes de curvas de nivel (km)	Equidistancia entre curvas de desnivel (km)	Superficie de la cuenca (km ²)	Pendiente media de la cuenca (%)
88,812.07	0.2	12,492.53	14.21

a) Densidad de drenaje (Dd). El análisis morfométrico y la obtención de la red de drenaje (Figura 7) se realizó a partir de MDE 1:50,000 tanto si resultaban cauces permanentes como no, dado que en momentos de crecidas todos esos funcionan recolectando y transportando agua. Sí la *Dd* es alta, más rápido será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta evacuando el agua en menos tiempo. Hernández (2006) considera que valores próximos a 0.5 km km⁻² corresponden a una cuenca pobremente drenada; de 3.5 km km⁻² o mayores, indican una red de drenaje eficiente. La *Dd* en la cuenca del río San Pedro fue de .80 km km⁻² con suelo de textura gruesa por el recubrimiento vegetal y la litología (Senciales y Ferre 1992); el total de cauces fueron 7,245 con longitud de 4,973.54 km que hace una cuenca moderadamente drenada.

En general, la Dd aún y cuando se obtuvo el promedio varía dependiendo de la pendiente del terreno, ya que en zonas llanas, cultivadas o urbanizadas (Delicias) la densidad es menor y donde la topografía es accidentada como en la ciudad de Chihuahua la Dd puede ser mayor. Como se ha observado, la presencia de avenidas fuertes después del paso de una tormenta repentina, obedece también a la influencia de factores litológicos y edáficos donde la permeabilidad del suelo juega un importante papel (Cuesta, 2001).

Figura 7. Distribución de los cauces secundarios y punto medio del cauce principal en la cuenca del río San Pedro- Conchos, Chihuahua.



b) Pendiente media del cauce principal (PMCP). Con datos de altura máxima del afluente principal (2,700 msnm) de la cuenca hasta la finalización del cauce principal (altura mínima) a 1200 msnm y la longitud del cauce principal (223 km), se obtuvo la pendiente media (67 %) que representa 33.8° del ángulo del terreno, favoreciendo parcialmente el flujo de las corrientes del río San Pedro en periodos de lluvia con presencia de avenidas fuertes hacia el final de su trayecto. Estos resultados coinciden de manera significativa ($R^2=0.95$) con los reportados por INEGI (1999) mencionando que la PMCP es de 47% (26°).

c) Orden de la corriente. En igualdad de condiciones la relación que guarda el área, clima y sustrato cuanto más alto sea el orden de la cuenca, mayor será el grado de desarrollo fluvial (Horton, 1945). Por tanto, debido a la tipología del sustrato y a la cobertura vegetal el tramo alto de la cuenca del río San Pedro tiene mayor pluviosidad haciendo prever una mayor jerarquización de las partes bajas o planas, lo que hace que las avenidas provenientes de las partes altas pueden ser motivo de inundaciones en condiciones de lluvias abundantes.

Finalmente, la cuenca del río San Pedro presenta escorrentía superficial moderada; con drenaje dentrítico en forma de hoja de orden seis y un centro de gravedad de su cauce principal de 116.5 km haciendo de esta cuenca una zona que debe estar constantemente monitoreada (Figura 7).

d) Tiempo de concentración (tc). Según Cuesta (2001) la Dd afecta al tipo de escorrentía y así en zonas de alta densidad, la escorrentía recorre la superficie rápidamente rebajando el tc e incrementando el pico de crecida al haber menos infiltración. La cuenca del río San Pedro, registró un tc de 744.47 h (31 d) permitiendo altas tasas de infiltración y alimentación del flujo subsuperficial gracias a los diversos valores de pendiente en buena parte de la cuenca, a la concentración parcelaria y los usos agrícolas que han supuesto una simplificación y concentración de los cursos de agua (Presa "Las Vírgenes y el Distrito de Riego 005).

e) Criterio 2 de pendiente del cauce principal.

Fue de 167.25 km, indicando que dentro de esa distancia las aguas de la cuenca río San Pedro tendrán equilibrio en el flujo del río ya que al inicio del mismo, la velocidad es reducida y al final demasiado fuerte, por lo que este criterio corrige esa diferencia de velocidad.

Conclusiones

Del análisis morfométrico de la cuenca del río San Pedro y la red de drenaje, se desprende que la concentración de las aguas precipitadas se ve favorecida por las pendientes y en parte por los índices de compacidad y elongación que determinan la forma de la cuenca y las condiciones de evolución de la misma.

Los eventos pluviométricos que se presentan en verano pueden ser peligrosos debido a las condiciones orográficas superiores que facilitan una rápida concentración de las aguas.

La interpretación de los índices morfométricos deben tomarse con cautela por que pueden representar valores subjetivos; sin embargo, la información aportada ofrece un panorama general que puede ayudar a formar diversos escenarios necesarios para prevenir contingencias y tomar medidas para preservar los recursos naturales de la zona. En las áreas de confluencia, los afluentes muestran mayor

vigorosidad de sus crecidas que el colector principal.

La densidad de drenaje es influenciada por una amplia cobertura vegetal y litología dura, además de regular tasas de infiltración y alimentación del flujo subsuperficial que favorecen el incremento del tiempo de concentración y el atenuamiento del caudal punta.

En general, las características morfométricas no incrementan, sino más bien, atenúan los efectos y la vigorosidad de las crecidas en la cuenca del río San Pedro, Conchos.

Agradecimientos

Se hace un especial agradecimiento al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública por el apoyo prestado a la realización de este trabajo; al Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California y al Centro de Investigación Sobre Sequía del Instituto de Ecología; así mismo al MTI Octavio R. Hinojosa de la Garza, por su respaldo profesional para este trabajo. 

Literatura citada

- ARIEL, C. 1985. Estudio geohidrológico de la zona cuenca alta del Río San Pedro, Chihuahua, realizado bajo el contrato No. CRISH-85-10-E, para la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección General de Control de Ríos e Ingeniería de Seguridad Hidráulica, Subdirección de Geohidrología. Chihuahua, Chihuahua, México.
- CAMPOS, A. 1999. Proceso de Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 2ª. ed. San Luis Potosí, México. 33-34 p.
- CAMPOS, A. 1992. Proceso del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 1ª ed. San Luis Potosí, México. 22-23 p.
- CNA. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero alto río San Pedro, estado de Chihuahua. Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. México, D.F. 18-20 p.
- CUESTA, M.J. 2001. Dinámica erosiva en los paisajes de la cuenca del río Guadajoz (Córdoba y Jalén). Córdoba, Servicios de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 226 p.
- DOFFO, N. y B. González. 2005. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo Las Lajas, Córdoba: un análisis estadístico. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* Vol. 60 No. 1.
- EVERITT, J.H., C. Yang, R.S. Fletcher and D.L. Drawe. 2006. Evaluation of high-resolution satellite imagery for assessing rangeland resources in South Texas. *Rangeland Ecol. Manage.* 59 (4):30-37.
- GONZÁLEZ, M. A. 2004. Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. Boletín de la A.G.E. No. 38. 311-329 p.
- GRAVELIUS, H. 1914. Flusskunde: Grundriss des gesamten Gewässerkunde. Goschenesche Verlagshandlung, Berlin, En: S.I. Munguía y A.M. Campo. 2003 Características hidrogeomorfológicas de la cuenca del arroyo Pescado Castigado, Buenos Aires Argentina. Papeles de Geografía, 38: 137-150.
- GUERRA, F., J. González. 2002. Caracterización morfométrica de la cuenca de la Quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. Geoenseñanza, Universidad de los Andes, San Cristóbal, Venezuela. Vol (7) 88-108 p.
- GUIDO, E y M. Busnelli. 1993. Criterios morfométricos para la evaluación de la torrencialidad de una cuenca hídrica (Río Las Cataras, Catamarca. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos en Mendoza. Vol. 6: 116-122.
- HERAS, R.R. 1976. Hidrología y Recursos Hidráulicos en Capítulo 1 de Estadística Aplicada en Hidrología, tema 5: relación entre elementos hidrológicos y elementos físicos-geográficos. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid España. 78-79 p.
- HERNÁNDEZ, L.G. 2006. Modelación de la interacción río-acífero y su aplicación a un caso práctico. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)
- 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. 1999. Estudio hidrológico del estado de Chihuahua. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Chihuahua. 1ª ed. 244-245 p.
- LLAMAS, J. 1993. Hidrología General, Principios y Aplicaciones. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. Bilbao, España. 402 p.
- MALDONADO, L.O., V. Palacios, J.L. Oropeza, R.G. Springall, y D.S. Fernández. 2001. Empleo del modelo SWRRB para generar alternativas de manejo en la cuenca de Iztapa, Guatemala. *Agrociencia* 35 (3):335-345.
- MARTÍNEZ M.A Y P.M. Walthall 2000 a. Propiedades físicas químicas y mineralógicas en el escotramiento de los suelos de México y Louisiana, EU. *Terra Latinoamericana*. Vol (18), 3: 179-185p
- MURILLO, M. E., Sánchez. 2002. Estudio del efecto del cambio de uso del suelo en el escurrimiento en la cuenca 24Bf "Monterrey" aplicando un sistema de información geográfica. Tesis de maestría, División de Ingeniería y Arquitectura, Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México. 20-50 p.
- NAVARRETE, M. D. 2004. Propuesta metodológica para el análisis territorial en la cuenca hidrográfica del Estero El Peral, Comuna de Carahue, IX Región. Universidad Católica de Temuco, Chile. Facultad de Ciencias Ambientales. Vol (6): 133-134 p.
- ORTIZ, 2004. Evaluación hidrológica en Revista Hidro Red, *Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía*, Lima Perú. Vol (2): 2-10 .
- PINEDO, A.C., A.A. Pinedo, R.M. Quintana, S.M. Martínez. 2007. Análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra madre Occidental, Chihuahua, México. *TECNOCENCIA Chihuahua* Vol (1): 37-38.
- ROBINSON, M.A. 2000. Geomorfología del sector ibérico valenciano entre los ríos Mijares y Tina. Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, España. 217 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.342pp.

SENCIALES, J.M. y E. Ferre. 1992. Análisis morfométrico de la cuenca del río Benamargosa (provincia de Málaga) en López B. F., C. Conesa y M.A. Romero: Estudios de Geomorfología en España. Actas de la II Reunión Nacional de Geomorfología, Murcia, S.E.G. 365-375 p.

SHUMM, S. 1956. The fluvial system. A Wiley-interscience Publication. John Wiley and Sons, Inc. New York. 338 p.

SILVA, G. 1999. Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*. 40 (1):9-42.

TORRES, B. E., S.E. Mejía, B.J. Cortés, V.E. Palacios y G.A. Exebio. 2004. Adaptación de un modelo de simulación hidrológica a la cuenca del río Laja, Guanajuato, México. *Agrociencia* 39(2):481-490 p.

Este artículo es citado así:

Viramontes-Olivas O., L.F. Escoboza-García, C. Pinedo-álvarez. A. Pinedo-Álvarez, V. M. Reyes-Gómez, J. A. Román-Calleros, A. Perez-Márquez, 2007. Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua* 1(3):21-31.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS. Curso su Licenciatura en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (1981-1985), así como la maestría en Producción Animal, Área Mayor, Reproducción y Genética Animal (1991-1993) en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua con mención en su área. Candidato a Doctor por el Instituto de Ciencias Agrícola de la Universidad Autónoma de Baja California, con el tema de disertación "Evaluación de las propiedades hidráulicas del suelo superficial aplicando un modelo de escurrimiento en la cuenca del río conchos". Laboró en el periodo 1981-1985 en la facultad de medicina de la uach, como jefe del departamento de animales de investigación. Posteriormente, ingreso a laborar a la facultad de zootecnia de 1985 a la fecha en diversas áreas (extensión y difusión, planeación, reproducción y genética y recursos naturales y ecología) de recursos naturales y ecología. Tiene un amplio trabajo editorial en diferentes periódicos y revistas sobre diversos temas. Autor del libro la rabia.

LUIS FERNANDO ESCOBOZA GARCIA El Doctor Fernando Escoboza García, curso su Licenciatura en Ingeniero Agrónomo en la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (1973-1977). Posteriormente realizó su Maestría en Hidrociencias (1980-1982) en el Colegio de Posgraduados de la Universidad de Chapingo, México. Así mismo, los estudios doctorales los llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Baja California en el instituto de ciencias agrícolas y la Universidad de Yuma Arizona con el tema "optimización del agua de riego en el cultivo del algodón en el valle de Mexicali. Es maestro del instituto de ciencias agrícolas de la universidad de baja California con una antigüedad de mas de 15 años; es líder del cuerpo académico de agua y suelo. Fue director del instituto de ciencias agrícolas por un periodo de 8 años (1992-2000). Es maestro investigador con un amplio acervo de publicaciones científicas en varias revistas arbitradas e indexadas.

ALFREDO PINEDO ALVAREZ. En 2002 obtuvo el título de Ingeniero en Ecología, por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó estudios de maestría en la Facultad de Zootecnia (UACH), otorgándosele en 2004 el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Naturales. El M. C. Pinedo está finalizando su programa doctoral y próximamente defenderá su disertación para obtener el grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Recursos Naturales, por la Facultad de Zootecnia (UACH). Durante los últimos años ha trabajado en diversos proyectos de investigación, relacionados con la modelación de atributos forestales utilizando tecnología satelital; también ha sido asesor de tesis de licenciatura y su producción académica incluye 14 resúmenes y 8 artículos en extenso publicados en memorias de congresos científicos.

JESUS ADOLFO ROMAN CALLEROS. Egresa en 1975 como Ingeniero Agrónomo Especialista en Riego y Drenaje, por la Escuela Superior de Agricultura de la UABC; en 1980 obtiene el Grado de Maestro en Ciencias en el Área de Hidrología Subterránea, otorgada por el Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, en Chapingo, Estado de México. En el año 2000, obtiene el grado de Doctor en Ciencias, en Administración de Recursos Hidráulicos, otorgado por la Universidad Autónoma de Baja California, y la Universidad de California, Campus Holtville, California. Premio al Mérito Académico. Ha sido Jefe del Departamento de Ingeniería de Riego, Distrito de Riego 014, Río Colorado; Director Nacional de los Departamentos de Ingeniería de Riego; Coordinador Estatal de Programas de Desarrollo Rural en el Banco de Crédito Rural; Delegado Estatal de Fideicomiso para Obras de Infraestructura Rural; Director Regional de El Colegio de la Frontera Norte; Director General para Asuntos Externos de El Colegio de la Frontera Norte; Gerente Técnico del Grupo Corporativo Santa Rosalía, Coordinador General del Programa Universitario Agua Para Toda la Vida. Actualmente, es Profesor Investigador en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC. Líder de Investigación del Cuerpo Académico de Agua y Suelo en el periodo 2005-2007. Profesor Titular de Economía y Economía Política Internacional en el Centro de Estudios Técnicos Y Superiores CETYS Universidad. Asesor Internacional en materia de uso de agua, por la Universidad Estatal de Michigan, en East Lansing, y UCLA. Ha escrito ocho libros y más de 150 artículos nacionales e internacionales relacionados con el uso y manejo del agua en México, con enfoque en la frontera binacional México-Estados Unidos. Actualmente trabaja en un proyecto de investigación apoyado por CONACYT/PROMEP sobre el Canal Todo Americano y un Proyecto sobre los Impactos Ambientales de la Generación de Energía Eléctrica en Cerro Prieto, Valle de Mexicali, B. C. En 2005 obtiene el Premio a la Productividad Profesional, otorgado por el Consejo Coordinador Empresarial de Mexicali, Baja California. En enero 2007, gana concurso por oposición, en convocatoria abierta para elaborar el Plan Rector del Desarrollo Económico del Valle de Mexicali, B. C. Profesor de Ingeniería de Riego, Principios y Técnicas de Riego, Relación Agua Suelo Planta Atmósfera.

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ. Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista, por la Facultad de Zootecnia 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.

Enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en Chihuahua: Una aproximación a la oculta realidad

Occupational diseases and work-related accidents in Chihuahua: An approach to the hidden reality

ALVARO JAVIER IDROVO-VELANDIA^{1,4}, ROSA MARIA GUEVARA-GODINEZ²

Recibido: Junio 1, 2007

Aceptado: Diciembre 5, 2007

Resumen

En Chihuahua la ocurrencia de enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo es desconocida. Este dato es fundamental para determinar las acciones de prevención requeridas para proteger la salud de los trabajadores. En este estudio se estima la incidencia anual de enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo (general, discapacitantes y fatales). Las enfermedades ocupacionales fueron estimadas usando el método empleado en el estudio de "Carga Global de la Enfermedad", y los accidentes extrapolando los datos nacionales presentados por el *Instituto Mexicano del Seguro Social*. Adicionalmente se realizaron 50000 simulaciones Monte Carlo para mejorar las estimaciones deterministas iniciales. Los resultados indican que deben ocurrir aproximadamente 7574 casos de enfermedades ocupacionales/año (equivalentes a 5,83/1000 trabajadores-año), siendo las más frecuentes las alteraciones musculoesqueléticas (1,84/1000 trabajadores-año), las enfermedades respiratorias crónicas (1,44/1000 trabajadores-año) y las dermatosis (1,06/1000 trabajadores-año). Deben ocurrir aproximadamente 29868 accidentes/año (22,99/1000 trabajadores-año). De estos, 1299 pueden ser discapacitantes (1,00/1000 trabajadores-año) y 117 fatales (0,09/1000 trabajadores-año). Estas cifras sirven como estimación inicial de la problemática sanitaria en las empresas chihuahuenses, y de punto de partida para futuras intervenciones preventivas y proyectos de investigación.

Palabras clave: enfermedad ocupacional; accidente de trabajo; salud ocupacional; perfil epidemiológico

Abstract

In Chihuahua the occurrence of occupational diseases and work-related accidents is unknown. This data is fundamental to determine preventive actions required to protect workers' health. In this study the annual incidence of occupational diseases and work-related accidents (overall, disability, and fatal) were estimated. Occupational diseases were estimated with the same method used in the "Global Burden of Disease" study, and the work-related accidents assuming national data from the *Instituto Mexicano del Seguro Social*. Additionally 50000 Monte Carlo simulations were performed to improve the initial deterministic estimations. Results shown that approximately 7574 occupational diseases/year occur (equivalent to 5,83/1000 workers-year). The most frequent are musculoskeletal disorders (1,84/1000 workers-year), chronic respiratory diseases (1,44/1000 workers-year), and dermatoses (1,06/1000 workers-year). Approximately 29868 accidents/year occur (equivalent to 22,99/1000 workers-year). From these, 1299 cases can be disabilities (1,00/1000 workers-year) and 117 deaths (0,09/1000 workers-year). These numbers serve like initial estimation of the sanitary problem within enterprises from Chihuahua, and departure point for future preventive interventions and research projects.

Keywords: occupational disease; occupational injury; occupational health; epidemiological profile.

¹Profesor-Investigador, Centro de Investigación en Sistemas de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

²Profesora, Facultad de Enfermería y Nutriología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Avenida Politécnico Nacional 2714, Colonia Quintas del Sol CP 31250 Chihuahua, Chihuahua, México. Teléfono (614) 430 00 75 Ext. 113

⁴Dirección de correspondencia: ajidrovo@correo.insp.mx

Introducción

Las enfermedades y los accidentes ocasionados por el trabajo son definidos como “toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo cualesquiera que sea el lugar o el tiempo en el que se preste”.

La clasificación de éstas depende de la trascendencia de las mismas, por lo que va desde una disminución en la capacidad para laborar hasta la muerte (Barquín, 2000). Pese a su importancia dentro del perfil epidemiológico de una población, son eventos que no suelen reportarse rutinariamente. Este fenómeno de subregistro ocurre en todos los países, en mayor o menor proporción, siendo sus causas múltiples. Varios informes indican que un factor común es la escasa importancia recibida, lo cual manifiesta las diferencias entre la legislación vigente y su aplicación en la práctica cotidiana de la salud en el trabajo (Frumkin *et al*, 1991; Werner, 2000; Idrovo, 2003; García *et al*, 2004; Sánchez-Román *et al*, 2006).

Específicamente en México, por ejemplo, se sabe que algunas empresas en el afán de proporcionar una atención oportuna a sus trabajadores, tienden a brindar el servicio médico tanto para el manejo de enfermedades como de accidentes de trabajo en la misma empresa o en centros médicos privados. De esta manera estos eventos no llegan a registrarse adecuadamente, dando la impresión de no existencia. Otro hecho que puede afectar el adecuado registro se relaciona con las cuotas que las empresas deben pagar al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) por siniestralidad; cuando este tipo de eventos ocurren, las cuotas son incrementadas para poder así compensar los gastos requeridos por el tratamiento de los casos y la prevención de posibles nuevos casos en el futuro. De esta manera se constituye un incentivo negativo para el adecuado registro de ocurrencia de los eventos en salud relacionados con el trabajo.

Por hechos como los anteriores se ocasiona un subregistro en la información de enfermedades y accidentes ocasionadas o con relación al trabajo, situación que enmascara la problemática y por ende la prioridad en la

búsqueda de alternativas de solución, para mejorar las condiciones de salud de los trabajadores; es decir, “si no existe el riesgo, no se requiere solución”. Como es referido por Imel (2005), las enfermedades y lesiones ocasionadas por actividades laborales o bien con relación a ellas, pueden disminuirse significativamente, al buscar las estrategias específicas según los procesos de trabajo, para la prevención y con ello la disminución de daños a la salud de los trabajadores. El énfasis en identificar las enfermedades ocupacionales y los accidentes de trabajo radica en que teóricamente son 100% prevenibles, a diferencia de las enfermedades y accidentes de origen común que son prevenibles en una proporción menor.

La escasa investigación en temas de salud en el trabajo en México agrava esta situación. Los escasos estudios realizados se han enfocado, primordialmente a grupos de trabajadores específicos, y no existe una priorización clara a las diversas manifestaciones de la problemática de la salud ocupacional. El estado de Chihuahua no se escapa a esta situación nacional generalizada, pese a sus características particulares que lo identifican como un estado con importante desarrollo económico debido, entre otras causas, al dinámico modelo industrial exportador adoptado.

Al respecto, en todo el estado de Chihuahua para mayo del 2006 el número total de empleos fue de 727065; en Ciudad Juárez estaba concentrada el 53,9% y en Chihuahua el 26,3%. La industria maquiladora proveía de 308555 empleos, distribuidos en Ciudad Juárez (77%), y en Chihuahua (15%). Además de la maquila no deben olvidarse otros pujantes sectores de la economía como son la minería, la agricultura, la construcción y el sector de servicios.

De otro lado, estudiar la problemática de salud ocupacional en el estado resulta de especial interés dadas algunas evidencias recientes. Se sabe que las mayores tasas de incidencia de enfermedades ocupacionales ocurren en los estados donde se concentran empresas de gran tamaño, como muchas de las maquilas y empresas mineras, y se presenta una menor desigualdad en el ingreso (Idrovo *et al*, 2005). Este es el caso específico de Chihuahua. Dadas estas carencias de información, el objetivo del presente trabajo fue estimar la incidencia anual de enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en el estado de Chihuahua. Este es un paso fundamental para comunicar a la población trabajadora y no trabajadora los riesgos para la salud inherentes al trabajo, empezar a definir y priorizar las acciones de los tomadores de decisiones e identificar las líneas prioritarias de investigación.

Materiales y métodos

Se realizaron estimaciones indirectas usando información proveniente de diversas fuentes, tal como se indica a continuación:

Incidencia anual de enfermedades ocupacionales. Fue estimada con el método de aproximación indirecto ampliamente descrito por Leigh y colaboradores (1999), como parte del estudio de la “*Carga Global de la Enfermedad*”, con datos demográficos mexicanos. Para ello se infirió que la ocurrencia en Chihuahua corresponde al doble de la incidencia de casos de enfermedad ocupacional reportada en Finlandia durante 1993 (cuadro 1), que muestra la incidencia específica por edad, sexo y enfermedad (FIOH, 1994). Es decir, que se aplica la distribución de los casos registrados en el país escandinavo a la distribución demográfica estatal. No debe olvidarse que el registro finlandés se considera como el mejor en la actualidad, y el multiplicar por dos su ocurrencia es un factor de corrección debido a la menor capacidad de diagnóstico de enfermedades ocupacionales y al menor grado de desarrollo de la salud ocupacional en México, tal cual se ha hecho en otros estudios (Leigh *et al*, 1999).

Cuadro 1. Tasa de incidencia de enfermedades ocupacionales¹ (casos por millón de habitantes) asumidas en los cálculos.

Enfermedad ocupacional	Edad (años) y sexo							
	0-14		15-44		45-60		60+	
	H	M	H	M	H	M	H	M
Neumoconiosis	0	0	172	0	492	144	590	108
Enfermedades respiratorias crónicas	8	4	344	450	3686	960	3550	108
Alteraciones musculoesqueléticas	62	128	1488	1080	982	960	118	36
Neoplasias malignas	0	0	9	0	294	24	590	18
Trastornos neuropsiquiátricos	0	0	86	90	246	240	60	36
Intoxicaciones por plaguicidas	8	9	9	9	24	24	12	7
Otras intoxicaciones	8	9	42	18	98	48	30	18
Dermatosis	20	48	530	830	546	1118	24	26
Hipoacusia inducida por el ruido	0	0	354	16	3778	254	1112	62

¹Adaptada de: *Finnish Institute of Occupational Health* (FIOH, 1994). H=Hombres; M=Mujeres

Como se puede apreciar, se incluyeron las enfermedades sugeridas por Murray & López (1994), que pueden servir como indicadores de la ocurrencia global de las enfermedades ocupacionales: neumoco-niosis específicas, enfermedades cróni-cas respiratorias, alteraciones músculo-esqueléticas, cáncer, trastornos neuro-psiquiátricos, intoxicaciones por plaguicidas, otras intoxicaciones, dermatosis e hipoacusia inducida por el ruido. La población estatal, por grupos de edad y sexo, usada en las estimaciones fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística, Geografía (INEGI, 2007), y corresponde a la reportada en el II Censo de Población y Vivienda 2005.

Incidenia anual de accidentes de trabajo. La incidencia general de accidentes, de accidentes que ocasionan discapacidad permanente y de accidentes fatales en Chihuahua se estimó de los registros nacionales del IMSS de 2004 (Sánchez *et al*, 2006), siguiendo un razonamiento similar al descrito para las enfermedades. Es decir, que la distribución de los casos observada a nivel nacional en el IMSS se extrapoló a la población chihuahuense. En este caso los registros del INEGI (2007) sirvieron para obtener la información sobre la población económicamente activa, definida como el total de personas de 12 años de edad o mayores, que se encuentran ocupados y desocupados. Con esta definición se pretendió minimizar el efecto del sesgo de selección conocido como “efecto del trabajador sano”, y que es frecuente en los estudios de epidemiología ocupacional.

Análisis de sensibilidad. Ya que las estimaciones descritas son deterministas pueden erróneamente dar la impresión de ser exactas. Para suplir esta limitante inherente a los métodos usados, adicionalmente se realizaron 50000 simulaciones Monte Carlo en las que se permitió que los valores estuviesen alejados hasta dos desviaciones estándar de los originalmente estimados. Este método consiste en la asignación aleatoria de valores basados en una distribución normal, para poder obtener un estimador promedio adecuado de las diferentes posibilidades que puede tener la ocurrencia de un fenómeno (Weinstein *et al*, 2006), en nuestro caso los casos de enfermedades y accidentes relacionados con el trabajo. De esta manera se pudieron obtener unos rangos de ocurrencia, que consideramos,

más cercanos a la realidad. Estos análisis fueron realizados con el programa estadístico Stata 9 (Stata Corporation, College Station, TX).

Cuadro 2. Incidencia anual estimada de enfermedades ocupacionales en la población económicamente activa de Chihuahua.

Enfermedad ocupacional	Casos	Tasa ¹	Rango estimado ¹
Neumoconiosis	326	0,2512	0,1254 – 0,3747
Enfermedades respiratorias crónicas	1868	14,383	1,1265 – 1,6992
Alteraciones musculoesqueléticas	2392	18,421	1,5352 – 2,1527
Neoplasias malignas	135	0,1040	0,0336 – 0,1746
Trastornos neuropsiquiátricos	233	0,1793	0,0087 – 0,2744
Intoxicaciones por plaguicidas	33	0,0254	0 – 0,0593
Otras intoxicaciones	85	0,0655	0 – 0,1258
Dermatosis	1371	10,551	0,8313 – 1,3039
Hipoacusia inducida por el ruido	1131	0,8712	0,6603 – 1,1111
Total	7574	58,323	5,3075 – 6,3790

¹ Tasa por 1000 individuos pertenecientes a la población económicamente activa.

Cuadro 3. Incidencia anual estimada de accidentes de trabajo en la población económicamente activa de Chihuahua.¹

Accidentes de trabajo	Casos	Tasa ¹	Rango estimado ¹
Incidenia general	29868	229,993	21,8704 – 24,1777
Con discapacidad permanente	1299	10,004	0,7693 – 1,2506
Fatales	117	0,0901	0,0209 – 0,1649

¹ Tasa por 1000 individuos pertenecientes a la población económicamente activa.

Resultados y discusión

La incidencia de enfermedades ocupacionales estimada se encuentra en el cuadro 2. Como se puede apreciar, en un año pueden estar apareciendo cerca de 7574 casos de enfermedades ocupacionales (5,8 por cada 1000 individuos de la población económicamente activa). De igual manera, los resultados señalan como enfermedades más frecuentes a las alteraciones musculoesqueléticas, las enfermedades respiratorias crónicas y las dermatosis. En relación con los accidentes de trabajo (cuadro 3), los datos indican que deben ocurrir casi 30 mil eventos por año, de los cuales algo más de

4% ocasionan discapacidad permanente y cerca de 0,4% ocasionan la muerte del trabajador.

Estos resultados permiten afirmar que en Chihuahua el número de enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo, es muy superior al reportado por las instituciones prestadoras de los servicios de salud; basta comparar estos resultados con los 7418 casos de enfermedad ocupacional descritos a nivel nacional por el IMSS para evidenciar esta subestimación. Sin embargo, no es posible señalar si estas cifras son altas o bajas, en relación a la ocurrencia real. Las cifras presentadas corresponden únicamente a valores aproximados obtenidos mediante una metodología previamente usada para estos fines, y en ningún momento deben ser asumidos como las cifras "reales" de la ocurrencia de enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en Chihuahua, pese a que sí muestran una tendencia general con la que es posible empezar a adoptar medidas para su control.

Algunos hechos nos permiten sugerir que las cifras aquí descritas subestiman la real ocurrencia. Primero, el factor de corrección al registro finlandés ha sido utilizado para estimar la ocurrencia de enfermedades ocupacionales en todos los países que no tienen economías de mercado o socialistas establecidas, así como en otros países en diversas latitudes. El resultado, cuando se ha podido comparar con los registros existentes u otras estimaciones, es que el método aquí utilizado es mucho más conservador y puede incluso estar mostrando un subregistro (Leigh *et al*, 1999). Segundo, en las estimaciones se usaron los valores con los que se obtendrían las cifras más conservadoras, evitando así exagerar la problemática. Por estas razones se pueden ver estos hallazgos como una subestimación de la ocurrencia real de enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en Chihuahua.

Los resultados aquí observados son difíciles de comparar con los obtenidos en otros estudios, por las siguientes consideraciones. El principal problema radica en que, dadas las limitadas fuentes de información primaria sobre el tema, los estudios previos han usado metodologías iguales o muy similares a la aquí presentada y, por tanto, no consideran explícitamente las diferencias en la presentación de los factores de riesgo; de esta manera se configura un perfil

relativamente homogéneo en todas las poblaciones estudiadas. Para tener una mejor estimación de la ocurrencia de las enfermedades y accidentes originados en el trabajo se requiere considerar la distribución de los trabajadores en los diferentes sectores de la economía, los factores de riesgo presentes en las empresas y las diferencias inherentes a la población trabajadora, entre otras características específicas de cada sociedad. Estudios que consideren estas características son muy complejos, tardados y costosos, y la problemática es tal que deben preferirse aproximaciones viables y factibles como la aquí presentada.

Disponer de estos valores aproximados e inexactos es mucho más válido que negar la ocurrencia de las enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en el estado de Chihuahua. Su ocurrencia acarrea importantes costos para el sector salud y la sociedad chihuahuense en general, que deberían ser prevenidos y, en el caso de que ocurran, registrados y costeados por las empresas. Este es un problema extremadamente serio en el caso de las enfermedades que tienen periodos de latencia largos, como es el caso de las neoplasias malignas y las enfermedades crónico-degenerativas, que pueden verse ocultas por el tiempo y la negligencia.

Conclusiones y recomendaciones

Este estudio es un primer esfuerzo para comprender la problemática que relaciona el trabajo y la salud en el estado de Chihuahua. Es deseable realizar estudios para verificar, empíricamente, la exactitud de estas estimaciones. Es recomendable tomar acciones preventivas en los sectores económicos, reconocidos como potencialmente nocivos para la salud, tales como: la minería, la construcción, la agricultura y la industria de la fundición o aquella basada en el trabajo repetitivo. Es responsabilidad del personal que labora en el área de salud pública reconocer y evidenciar el problema expuesto ya que tiene repercusiones socioeconómicas para la población chihuahuense. 

Literatura citada

- BARQUIN, M., E. Kahan, L. Szpirman, and J. A. Legaspi. 2000. La salud en el trabajo. Ed. JGH. México. p. 346-347.
- FINNISH INSTITUTE OF OCCUPATIONAL HEALTH. 1994. Occupational diseases in Finland in 1993. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health.
- FRUMKIN, H. and V. de M. Camara. 1991. Occupational health and safety in Brazil. *Am. J. Public Health* 81:1619-1624.
- GARCÍA A. M. and R. Gadea. 2004. Estimación de la mortalidad y morbilidad por enfermedades laborales en España. *Arch. Prev. Riesgos Labor* 7:3-8.
- IDROVO, A. J. 2003. Estimación de la incidencia de enfermedades ocupacionales en Colombia, 1985-2000. *Rev. Salud Pública (Bogotá)* 5:263-271.
- IDROVO, A. J. and R. Pérez-Núñez. 2005. Determinants of occupational disease incidence in Mexico. *Arch. Environ. Occup. Health* 60:299-301.
- IMEL, D., C.M. Barrientos and T. Driscoll. 2005. The global burden of selected occupational diseases and injury risks. *Am. J. Ind. Med.* 48:400-418.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2007. Datos demográficos. Disponible en: www.inegi.gob.mx. Acceso el 1 de mayo de 2007.
- LEIGH, J. P. Macaskill, E. Kuosma and J. Mandryk. 1999. Global burden of disease and injury due to occupational factors. *Epidemiology* 10:626-631.
- MURRAY, J. L. and A. D. López. 1994. (eds.). The global burden of disease Vol. 1. Cambridge: Harvard School of Public Health. P. 27-33.
- SALINAS-TOVAR, J.S., P. López-Rojas, M.O. Soto-Navarro, D.E. Caudillo-Araujo, F.R. Sánchez-Román and V.H. Borja-Aburto. 2004. El subregistro potencial de accidentes de trabajo en el Instituto Mexicano del Seguro Social. *Salud Pública Mex.* 46:204-209.
- SÁNCHEZ-ROMAN, F.R., C.A. Juárez-Pérez, G. Aguilar-Madrid, L. Haro-García, and V.H. Borja-Aburto. 2006. Occupational health in Mexico. *Int. J. Occup. Environ. Health* 12:346-354.
- WEIL, D. 2001. Valuing the economic consequences of work injury and illness: A comparison of methods and findings. *Am. J. Ind. Med.* 40:418-437.
- WEINSTEIN, M.C. 2006. Recent developments in decision-analytic modelling for economic evaluation. *Pharmacoeconomics* 24:1043-1053.
- WERNER, A.F. 2000. Occupational health in Argentina. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 73:285-289.

Este artículo es citado así:

Idrovo-Velandia J. y R.M. Guevara-Godinez 2007. Enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo en Chihuahua: Una aproximación a la oculta realidad. *TECNOCENCIA Chihuahua* 1(3):32-37.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

ALVARO JAVIER IDROVO VELANDIA. Cursó la carrera de Medicina y Cirugía (1996), y la Maestría en Salud Pública (2000) en la Universidad Nacional de Colombia. En 1998 recibió el título de Especialista en Higiene y Salud Ocupacional en la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" en Bogotá DC, Colombia. En el Instituto Nacional de Salud Pública – Escuela de Salud Pública de México obtuvo la Maestría en Ciencias en Salud Ambiental (2003) y el Doctorado en Ciencias en Epidemiología (2006). Actualmente es investigador del Instituto Nacional de Salud Pública en Cuernavaca, Morelos, es Candidato del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), y está dedicado al tema de macro-determinantes de la salud poblacional e individual.

ROSA MARÍA GUEVARA GODÍNEZ. Realizó la Licenciatura en Enfermería (1988), la Maestría en Ciencias de Salud en el Trabajo (1992), actualmente (1993), Candidata a Maestra en Enfermería, en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Enfermería y Nutriología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y miembro del Cuerpo Académico No. 28 "Salud trabajo y Ambiente", Investigador con temas de salud trabajo ambiente y género.

Propagación de plantas nativas para la recuperación de áreas degradadas: Opción para mejorar ecosistemas

Native plant propagation in degraded areas: An option for ecosystem restoration

ALICIA MELGOZA-CASTILLO^{1,4}, CARLOS ORTEGA-OCHOA¹, CARLOS R. MORALES-NIETO², PEDRO JURADO-GUERRA², CRISTINA VELEZ-SÁNCHEZ-VERÍN¹, MARIO H. ROYO-MÁRQUEZ², GUSTAVO QUINTANA-MARTÍNEZ¹, ALBERTO LAFÓN-TERRAZAS¹, MA. TERESA ALARCÓN-HERRERA³, GERARDO BEZANILLA-ENRÍQUEZ¹ Y CARMELO PINEDO-ALVAREZ¹

Resumen

La pérdida de la cubierta vegetal contribuye al deterioro de los ecosistemas. La reducción de la cubierta vegetal aumenta los escurrimientos del agua de lluvia y por lo tanto la erosión del suelo. Este deterioro causa una reducción en los servicios y productos de los ecosistemas. Si bien existe tecnología para recuperar la vegetación, generalmente es con especies introducidas que a largo plazo pueden causar problemas más complejos. Actualmente urgen paquetes tecnológicos que incluyan mayores opciones de especies nativas que puedan usarse como forrajeras, fitorremediadoras, estabilizadoras de suelo ó materia prima en industrias específicas, entre otros. La flora del estado de Chihuahua posee un gran número de especies nativas de importancia económica que pueden ser utilizados en la recuperación de la cobertura vegetal. Por éste motivo, diversas instituciones en el estado de Chihuahua han unido esfuerzos a través de diversos proyectos encaminados al desarrollo de paquetes tecnológicos para la propagación de plantas nativas. Una de las metas a largo plazo de éstos proyectos es el registro del genoma de plantas nativas. La aplicación de resultados de éstos esfuerzos ayudaran a mitigar el deterioro de los ecosistemas y contribuirán a sustentar sistemas de producción naturales y humanos en el estado.

Palabras clave: Tasa de deterioro, producción sustentable, ecotipos, reforestación

Abstract

The loss of vegetation cover contributes to ecosystem deterioration. A reduction in vegetative cover increases rainfall run off and can increase soil erosion. These deterioration processes cause a reduction in ecosystem productivity. Vegetative cover restoration techniques usually include the use of introduced species, but the use of such species can cause problems in the long term. There is a need for technologies that will include the use of a wide range of native species for forage, phyto-remediation, soil stabilization, raw material for specific industries, or other uses. Many native plants from Chihuahua State have economic potential to be used for vegetative cover restoration. Therefore, several institutions in Chihuahua have joined efforts to develop plant propagation technologies. One long term goal of these efforts is to register the plant genomes. Application of results from these efforts will help mitigate ecosystem deterioration and contribute to sustainable human and natural production systems in Chihuahua.

Keywords: Deterioration rate, sustainable production, ecotypes, reforestation.

¹Profesor de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada, Kilómetro 1 de la carretera Chihuahua-Cuahtémoc. CP 31031. Chihuahua, Chihuahua. México. Teléfono (614) 434-0303.

²Investigador Campo Exp. Campana-Madera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Avenida Homero # 3744. Fraccionamiento El Vergel. CP 31100. Chihuahua, Chihuahua. México. (614) 484-40-40

³Profesora del Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV). Calle Miguel de Cervantes Saavedra # 120. Complejo Industrial Chihuahua. CP 31109. Chihuahua, Chihuahua. México. (614) 439-1100.

⁴Dirección electrónica del autor de correspondencia: amelgoza@uach.mx

Introducción

En la actualidad todos los ecosistemas presentan cierto grado de deterioro (Vitousek *et al.*, 1997). Este se manifiesta en alteraciones del ciclo hidrológico, pérdida de biodiversidad y suelo, contaminación agua suelo y aire entre otros eventos (Pellant *et al.*, 2005). Desde el punto de vista práctico, el deterioro representa reducción en la producción agropecuaria (Báez *et al.*, 1999) y mayor efecto en intensidad de fenómenos meteorológicos, sequías, heladas, inundaciones, etc. (Melgoza *et al.*, 1998) con las consecuentes pérdidas humanas y económicas.

El origen de la problemática del deterioro es compleja y diversa: sobrepastoreo, deforestación, cambios de uso de suelo, cambio climático, contaminación, fragmentación del hábitat, entre lo más general a nivel mundial (Flores y Torres, 2000; Gauthier *et al.*, 2003). Si bien es importante cuantificar origen y tasa de deterioro, es urgente el buscar soluciones a éste.

El deterioro de los ecosistemas incluye la pérdida de la cubierta vegetal, ocasionando altos escurrimientos de agua y pérdida de suelo, principalmente. Una solución relativamente simple es a través de resiembras de pastizales, trasplantes de arbustivas, reforestación en áreas boscosas ó remediación en áreas contaminadas, dependiendo del caso.

En el estado de Chihuahua, 3.92 millones de hectáreas de los pastizales y matorrales ya no presentan vegetación original (SEMARNAT, 2005); muchas mas requieren la aplicación de prácticas para recuperar la cubierta vegetal.

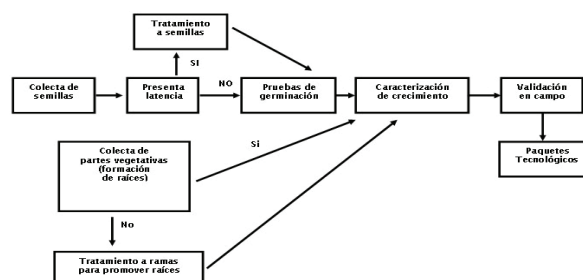
Actualmente existe tecnología sobre el uso de especies introducidas para la recuperación de ecosistemas degradados, debido a que éstas se propagan fácilmente y crecen rápidamente, comparadas con especies nativas. Sin embargo, el uso de especies exóticas presenta algunas desventajas a largo plazo. Problemas como reemplazamiento de especies, pérdida de hospederos y hábitat para insectos y fauna,

problemas de salud humana, altas tasas de extracción de agua son sólo algunos de los problemas actualmente detectados (Segura, 2005).

Por otra parte, la flora del estado de Chihuahua presenta un gran número de especies nativas de importancia económica (Melgoza *et al.*, 2004a; Melgoza *et al.*, 2004b; Nuñez *et al.*, 2007; Royo *et al.*, 2003). Por lo que, al utilizar especies nativas en la recuperación de la cubierta vegetal no sólo se mitiga y/o reduce el deterioro, sino además se contribuye a la sustentabilidad de diversas cadenas productivas.

Ante esta problemática y necesidades de desarrollo de paquetes tecnológicos con plantas nativas, la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, el Campo Experimental Campana-Madera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y el CIMAV (Centro de investigaciones sobre Materiales Avanzados) han estado uniendo esfuerzos en el desarrollo de proyectos sobre el tema. Actualmente se tienen colectadas semillas de 60 diferentes especies de plantas nativas y se esta trabajando en propagación de partes vegetativas de 16 arbustos. La Figura 1 muestra el plan general y la meta de los diversos proyectos en desarrollo.

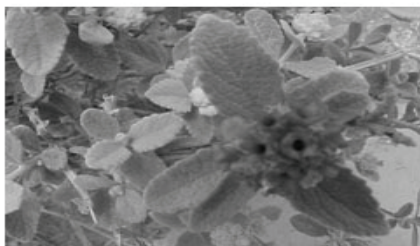
Figura 1. Plan de trabajo de un programa de recolección, conservación y propagación de plantas nativas del Estado de Chihuahua



A las semillas primeramente se les determina si presenta algún tipo de latencia. Cuando no lo presenta, se evalúa sus requerimientos para la germinación en laboratorio y el patrón de crecimiento en invernadero, para poder asegurar su establecimiento en campo. Cuando las semillas presentan latencia se les aplican tratamientos, principalmente manipulación de calor, para promover germinación. Una vez que se logra romper latencia, se continúa con las evaluaciones de germinación y patrones de crecimiento. En el caso de las partes vegetativas de arbustos, se están utilizando trasplantes directos en tierra y medios de cultivo. Una vez que se logra la formación de raíces, las plantas son evaluadas para determinar requerimientos para su óptimo crecimiento. Una última etapa es la validación de resultados en campo para la liberación final de paquetes tecnológicos.

Por otra parte, una vez identificadas y caracterizadas las especies en los paquetes tecnológicos, es importante realizar el registro

del material genético (Troyer y Rocheford, 2002). En las especies de pastos se está trabajando en la evaluación, selección y caracterización genética de poblaciones nativas y ecotipos dentro de éstas (Morales *et al.*, 2007). Además de las especies mencionadas anteriormente, se pueden integrar los paquetes tecnológicos, plantas ornamentales y forrajeras de alta producción, especies de bajos requerimientos de agua y de otras de importancia económica. Si bien, la investigación y sobre todo las herramientas biotecnológicas para lograr esta última fase son costosas, el estado de Chihuahua cuenta con diversas instituciones e investigadores que pueden integrarse en este tipo de programas. Esto nos permitirá tener una mejor eficiencia de recursos y tiempo para contribuir a la solución de una problemática ambiental, así como lograr la sustentabilidad de las cadenas productivas del estado. 0



Tepozan naraja (*Buddleja marrubifolia*)



Sotol (*Dasylirion leyophyllum*)



Candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*)



Hierba de la ventosidad (*Nama parvifolia*)



Verdolaga (*Portulaca oleracea*)



Zinia amarilla (*Zinnia grandiflora*)

Literatura citada

- BÁEZ, A.D., J.G. Reyes, A. Melgoza, M.H. Royo y R. Carrillo. 1999. Características productivas del sistema vaca-cría en el estado de Chihuahua. *Técnica Pecuaria en México*. 37:11-24.
- FLORES X., R. y J.M. Torres R. 2000. Cambio de uso del suelo entre los sectores forestal, agrícola y pecuario. *Rev. Ciencia Forestal*. 25:5-24.
- GAUTHIER, D.A., A. Lafón, T. P. Toombs, J. Hoth y E. Wiken. 2003. Grasslands, toward a North American Conservation Strategy. Comission for Environmental Cooperation. Canadian Plains Research Center. University of Regina. Saskatchewan, Canada. 99 p.
- MELGOZA C.A., M.H. Royo M., A.D. Báez G, G. Reyes L. 1998. Situación de predios ganaderos después de cuatro años de sequía en las zonas áridas y semiáridas de Chihuahua. Folleto Técnico. INIFAP-SAGAR. CIRNOC. *Campo Exp. La Campana* (4):1-23.
- MELGOZA, A., M.H. Royo, J.S. Sierra. 2004a. Arbustos y hierbas forrajeras en el estado de Chihuahua. Resumen. XL Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Mérida, Yucatán.
- MELGOZA, A., M.H. Royo, J.S. Sierra. 2004b. Manual de plantas con potencial ornamental. Folleto Técnico No. 14. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental La Campana. Chihuahua, Chih.
- MORALES, N. C.R., A. Melgoza C. y P. Jurado G. 2007. Mejoramiento genético de pastos nativos para la restauración de los pastizales en el estado de Chihuahua. Resumen. XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Culiacán, Sin.
- NUÑEZ-Montoya, O.G., M.T. Alarcón-Herrera, A. Melgoza Castillo, F.A. Rodríguez-Almeida y M.H. Royo-Márquez. 2007. Evaluación de tres especies nativas del desierto chihuahuense para uso en fitorremediación. *Terra*. 25:35-41.
- PELLANT, M., D.A. Pyke, P. Shaver y J.E. Herricks. 2005. Interpreting indicators of rangeland health. Version 4. Technical Reference 1734-6. USDI-BLM. National Science and Technology Center. Denver, CO. 122 p.
- ROYO, M.H., A. Melgoza y J.S. Sierra. 2003. Manual de plantas útiles. Folleto Técnico No. 9. INIFAP-CIRNOC. Campo Exp. La Campana. Chihuahua, Chih.
- SEGURA B., S.G. 2005. Las especies introducidas, ¿son benéficas o dañinas?-. En: www.conabio.gob.mx. Consultado: 3 de marzo del 2006.
- SEMARNAT. 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. México, D.F.
- TROYER, A.F. y T.R. Rocheford. 2002. Germoplasm ownership: related corn inbreds. *Crop Science*. 42:3-11.
- VITOUSEK, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco y J.M. Melillo. 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277:494-4.

Este artículo es citado así:

Melgoza-Castillo A., C. Ortega-Ochoa, C.R. Morales-Nieto, P. Jurado-Guerra, C. Vélez-Sánchez-Verín, M. H. Royo-Márquez, G. Quintana-Martínez, A. Lafón-Terrazas, M.T. Alarcón-Herrera, G. Bezanilla-Enríquez y C. Pinedo-Álvarez. 2007: Propagación de plantas nativas para la recuperación de áreas degradadas: opción para mejorar ecosistemas, 2007. *TECNOCENCIA Chihuahua* 1(3):38-41

GUIA PARA AUTORES DE ESCRITOS CIENTIFICOS

CESAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA¹

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 TECNOCENCIA 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

¹ Editor en Jefe, **Revista TECNOCENCIA-Chihuahua**. Dirección de Investigación y Posgrado, UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA. Ciudad Universitaria s/n. Campus Universitario I. Chihuahua, Chihuahua. CP 31170. TELEFONO (614) 439-1822, FAX (614) 439-1823. Dirección de correo electrónico: tecnociencia.chihuahua@uach.mx, dip@uach.mx, crivera@uach.mx

revista; además, en dicho documento señalarán estar de acuerdo en aceptar las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial Internacional de la Revista **TECNOCENCIA-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 cuyo 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 presentación, 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 mas 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.

- a. Página de presentación
- b. Resumen en español (con palabras clave en español)
- c. Resumen en inglés, *abstract* (con palabras en inglés, *keywords*)
- d. Texto (capítulos y su orden)
- e. Agradecimientos
- f. Literatura citada
- g. 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.

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-ALVAREZ¹, ALFREDO PINEDO-ALVAREZ²,
REY MANUEL QUINTANA-MARTINEZ¹ Y MARTIN MARTINEZ SALVADOR³

¹Profesores de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada, Km 1 de la Carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. C.P. 31031. Chihuahua, Chih. México Tel. (614) 434-0303. cpinedo@uach.mx.

²Estudiante de posgrado de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua

³Investigador del Campo Experimental La Campana-Madera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av. Homero # 3744, Fraccionamiento El Vergel. C.P. 31100. Chihuahua, Chihuahua.

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 resumen 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 sirve 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 investigación, 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 como 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

Steel, 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 (COE EM1110-1-501). 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* y 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 solidamente 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.

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. A continuación se presenta un ejemplo de cuadros con información estadística:

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

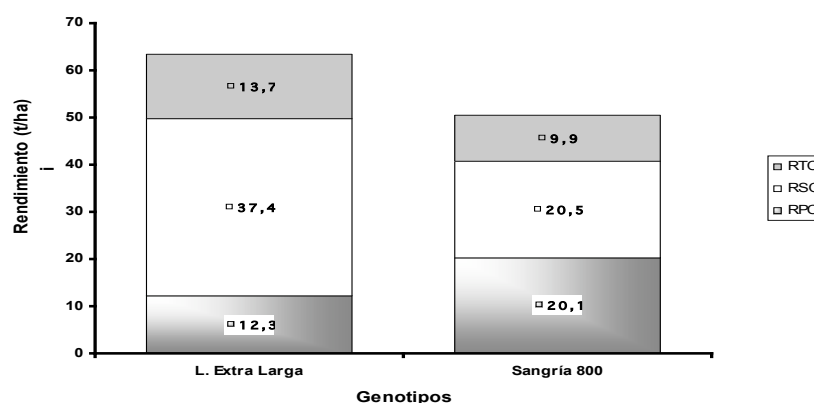
Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrado medio	F _c calculada	Significancia P _r > F _t
Colector	3	4306.25	1435.42	2.68	0.1099
Día	3	214118.75	71372.92	133.30	0.0001
Error	9	4818.75	535.42	-	-
Total	15	223243.75	Desv. Estándar =	23.14	
Estimadores		CV(%)=10.9	Media =	211.90	

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 apegarse 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.

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 ₅₀	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 ⁻¹	Kilómetro por hora
µm	Micrómetro(s) ó micra(s)	t.ha ⁻¹	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 ejemplos 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* *limitum*.



TECNOCIENCIA



Chihuahua

Relación de árbitros participantes en este fascículo

DR. JORGE MARTÍN RODRÍGUEZ

Instituto Nacional de Salud Pública de México

DR. ULISES DE JESÚS GALLARDO PÉREZ

Instituto de Angiología y Cirugía Vascular, La Habana, Cuba.

DR. ESTEBAN SÁNCHEZ CHAVÉZ

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. México

DRA. ELIZABETH CARVAJAL MILLAN

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., México

DR. EMILIO ALVAREZ PARRILLA

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

DRA. MÉLIDA GUTIÉRREZ

Missouri State University, Estados Unidos de Norteamérica

DR. ALFREDO GRANADOS OLIVAS

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

MARIA CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ NIETO

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

DR. ALBERTO CAMACHO RÍOS

Instituto Tecnológico de Chihuahua, México

DR. EMILIO ALVAREZ PARRILLA

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

DR. ARMANDO ZARAGOZA CONTRERAS

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, A. C. México

DR. ALEJANDRO J. MÜLLER

Universidad Simón Bolívar, Venezuela

DR. CARLOS ALBERTO MARTÍNEZ PÉREZ

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

DR. EDUARDO ARIAS MARÍN

Centro de Investigación en Química Aplicad, México



Mural alusivo a "La fundación de la Ciudad de Chihuahua", localizado en el Paraninfo de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obra del pintor chihuahuense Oscar Soto.

