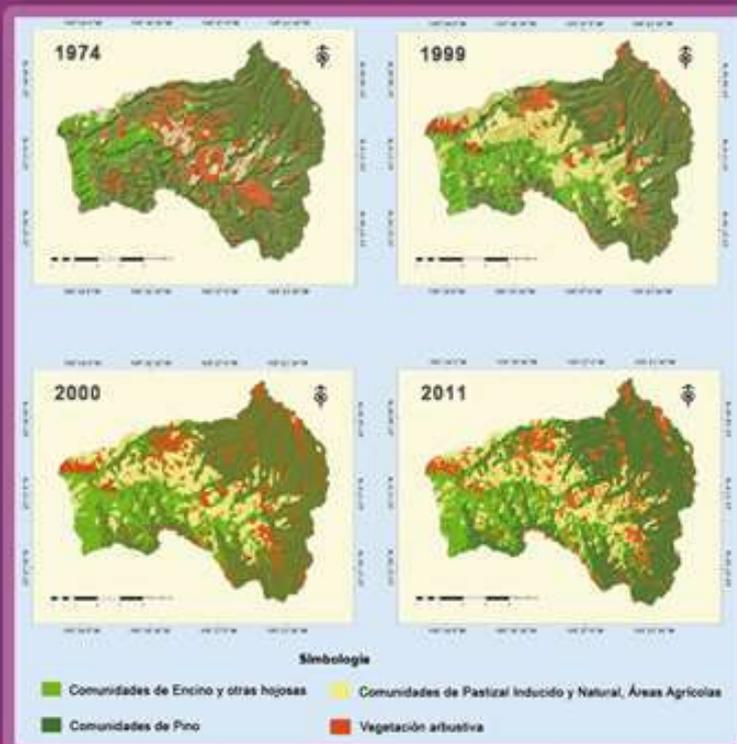
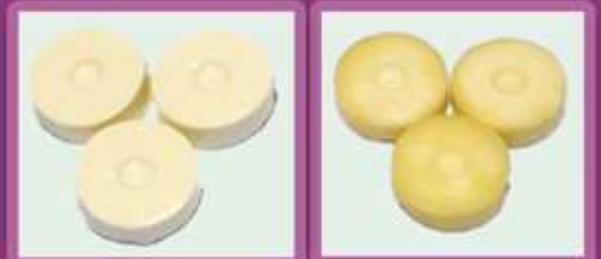


# TECNOCIENCIA Chihuahua

Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades  
Universidad Autónoma de Chihuahua



Análisis de la fragmentación de los bosques templados usando sensores remotos de media resolución espacial



Texture profile analysis of Fresh cheese and Chihuahua cheese using miniature cheese models



Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)



Tendencia de cambio espacio - temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana. Argentina



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
**CHIHUAHUA**

M.C. JESÚS ENRIQUE SEÁÑEZ SÁENZ  
*Rector*

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

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

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

DR. ALEJANDRO CHÁVEZ GUERRERO  
*Director Académico*

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

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

**TECNOCIENCIA**  
Chihuahua

**Comité Editorial Interno**

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA  
*Editor en Jefe*

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

M.E.S. NANCY KARINA VENEGAS HERNÁNDEZ  
*Asistente editorial - Abstracts*

**Editores Asociados**

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

DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ  
DR. JAVIER TARANGO ORTIZ

DRA. LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE  
DRA. MARÍA DE LOURDES VILLALBA

**Consejo Editorial Internacional**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen VII, Número 2, Mayo-Agosto 2013. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. Número de Reserva al Título en Derecho de Autor: 04-2007-0326610180900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13868. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11441. Clave de registro postal PP08-0010. Domicilio de la publicación: Edificio de la Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario I, C.P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Oficina responsable de la circulación: Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I, C.P. 31170. Imprenta: Impresora Standar, Ernesto Talavera No. 1207, Teléfono 416-7845, Chihuahua, Chih. Tiraje: 1,000 ejemplares.

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

Teléfono: (614) 439-1500 (extensión 2214); fax: (614) 439-1500 (extensión 2209), e-mail: tecnociencia.chihuahua@uach.mx

Página web: <http://tecnociencia.uach.mx>

## Contenido

Definición de la revista	I		
Editorial	II		
<b>El científico frente a la sociedad</b>		<b>Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable</b>	
La química detrás de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión: regreso a los clásicos		Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana ( <i>Eisenia foetida</i> )	
<i>Francisca Ofelia Muñoz-Osuna</i> <i>Karla Lizbeth Arvayo-Mata</i> <i>Carmen Alicia Villegas-Osuna</i> <i>Francisco Humberto González-Gutiérrez</i> <i>Oscar Alberto Sosa-Pérez</i>		<i>Carlos López-Méndez</i> <i>Rey David Ruelas-Ayala</i> <i>Rosario Raudel Sañudo-Torres</i> <i>Celso Armenta-Lopez</i> <i>Jaime Alberto Félix-Herrán</i>	
	<b>58</b>		<b>81</b>
<b>Alimentos</b>		<b>Análisis de la fragmentación de los bosques templados usando sensores remotos de media resolución espacial en Pueblo Nuevo, Durango</b>	
Texture profile analysis of Fresh cheese and Chihuahua cheese using miniature cheese models		<i>Griselda Vázquez-Quintero</i> <i>Alfredo Pinedo-Álvarez</i> <i>Carlos Manjarrez-Dominguez</i> <i>Gerardo Daniel de León-Mata</i> <i>Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez</i>	
<i>Néstor Gutiérrez-Méndez</i> <i>Nalleli Trancoso-Reyes</i> <i>Martha Yarely Leal-Ramos</i>			
	<b>65</b>		<b>88</b>
<b>Biocontrol con levaduras de <i>Penicillium expansum</i> y <i>Botrytis cinerea</i> en manzana Golden Delicious</b>		<b>Tendencia de cambio espacio - temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana. Argentina</b>	
<i>Víctor Manuel Guerrero-Prieto</i> <i>David Ignacio Berlanga-Reyes</i> <i>Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios</i>		<i>María Isabel Delgado</i> <i>Fernanda Julia Gaspari</i> <i>Gabriela Elba Senisterra</i>	
	<b>75</b>		<b>99</b>

## Definición de la Revista *TECNOCENCIA Chihuahua*

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

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

### Objetivos

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

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

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

### Visión

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

### Tipos de escritos científicos

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

### A quién se dirige

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

# Editorial

La intervención humana en los paisajes naturales ha alterado la superficie, el patrón y la composición vegetal natural. En nuestra sección Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, entregamos el artículo "*Análisis de la fragmentación de los bosques templados usando sensores remotos de media resolución espacial en Pueblo Nuevo, Durango*", donde los autores utilizaron técnicas de sensores remotos para caracterizar este fenómeno.

En este mismo sentido, el cambio de uso de suelo afecta la dinámica de captación y escurrimiento de agua de lluvia en cuencas hidrográficas. El aumento del escurrimiento superficial por compactación de suelo y pérdida de vegetación por sobrepastoreo fue el resultado del estudio llevado a cabo en la cuenca hidrográfica serrana Arroyo Belisario, ubicada al Sudoeste de Buenos Aires, Argentina. Los autores del artículo "*Tendencia de cambio espacio-temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana. Argentina*", han recomendado implementar medidas de manejo y conservación del suelo, con el fin de mitigar su degradación, evitando daños por excesos hídricos y sedimentarios a la población expuesta.

También se ha incluido el artículo "*Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*". En este estudio los autores indagaron, de varios tratamientos, aquél que tuviera mejores características para la adaptación y reproducción de la lombriz roja californiana, así como la mejor calidad del humus para ser usado como fertilizante agrícola o como abono en jardines o huertos familiares. El tratamiento de aserrín, estiércol de bovino e inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche, resultó ser el de mejores condiciones para este propósito.

En la sección de Alimentos, se publica el artículo "*Texture profile analysis of Fresh cheese and Chihuahua cheese using miniature cheese models*", una interesante propuesta de quesos miniatura para

la evaluación de nuevos ingredientes y su efecto sobre la textura del queso Fresco y del queso Chihuahua. Los autores afirman que con este método se puede ahorrar una cantidad considerable de espacio, tiempo y dinero en estudios de evaluación sensorial, dado que la textura es uno de los principales factores de aceptabilidad de un alimento.

Los autores del artículo "*Biocontrol con levaduras de Penicillium expansum y Botrytis cinerea en manzana Golden Delicious*" afirman que los hongos *P. expansum* y *B. cinerea* son los principales causantes de las pérdidas poscosecha en manzanas producidas en Chihuahua. Los resultados de este estudio indican que las cepas nativas de *C. oleophila* tienen gran potencial para el biocontrol de estos patógenos en manzana en poscosecha. Se trata de una buena alternativa al uso de fungicidas sintéticos, que tienen efectos indeseables como residuos químicos en los frutos y la generación de resistencia en el patógeno.

Finalmente, lo invitamos a leer el artículo de opinión "*La química detrás de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión: regreso a los clásicos*", una interesante visión sobre la aplicación ingeniosa de esta ciencia para hacer posible la reproducción, en ambientes controlados, de fenómenos impresionantes y arriesgados como explosiones, disparos, niebla o nieve, muy comunes en el séptimo arte.

M.S.I. IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA  
COORDINADOR EDITORIAL

# La química detrás de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión: regreso a los clásicos

## The chemistry behind the mechanical special effects in filmmaking and television: return to classics

FRANCISCA OFELIA MUÑOZ-OSUNA<sup>1,2</sup>, KARLA LIZBETH ARVAYO-MATA<sup>1</sup>, CARMEN ALICIA VILLEGAS-OSUNA<sup>1</sup>, FRANCISCO HUMBERTO GONZÁLEZ-GUTIÉRREZ<sup>1</sup> Y OSCAR ALBERTO SOSA-PÉREZ<sup>1</sup>

### Resumen

La industria cinematográfica ha evolucionado a pasos agigantados; desde los fotogramas mudos en blanco y negro, hasta las superproducciones multimillonarias que llenan las salas de cine con su estremecedor sonido. Los efectos especiales son todos los recursos artificiales de naturaleza científica, utilizados para dar apariencia de realidad a ciertas escenas que, en su forma más simple y primigenia, se basan en la creación inmediata de recursos físicos como explosiones, disparos, niebla o nieve mediante la ingeniosa aplicación de la química. Con el objetivo de promover la ciencia recreativa como fuente de conocimiento, diversión y para explicar los fundamentos químicos de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión, se efectuó una revisión bibliográfica que permitió crear en el laboratorio réplicas a escala de algunos efectos especiales clásicos, que exhiben la creatividad y agudeza con que los expertos del séptimo arte analizan nuestra percepción sensorial del mundo e imitan fenómenos impresionantes y arriesgados en un ambiente controlado.

**Palabras clave:** cine, efectos especiales mecánicos, química.

### Abstract

The film industry has evolved by leaps and bounds from the soundless photograms in black and white, to the multimillionaire blockbusters that fill the theaters with breathtaking sound. Special effects are all the artificial resources of a scientific nature used to give certain scenes which, in their most simple and primordial shape, are based on the immediate creation of physical resources such as explosions, firing, mist or snow by ingenious application of chemistry. With the aim of promoting the recreational science as source of knowledge, fun and to explain the chemical principles of mechanical special effects in film and television, a literature review was conducted to create, in the laboratory scale replicas of some classical special effects, exhibiting the creativity and acuteness in which cinema experts analyze our sensory perception of the world and imitate impressive and risky phenomena in a controlled environment.

**Keywords:** film industry, mechanical special effects, chemistry.

### Introducción

La industria cinematográfica comenzó en 1895, cuando los hermanos Lumière inauguraron el primer cine del mundo, presentando la película *Salida de la fábrica Lumière* que impactó a los espectadores y se convirtió en un parte aguas en la evolución desde aquellos fotogramas mudos en blanco y negro, hasta las superproducciones multimillonarias que llenan las salas de cine con su estremecedor sonido.

<sup>1</sup> Universidad de Sonora. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Boulevard Luis Encinas y Rosales S/N Colonia Centro. C.P. 83000. Tels. (01662) 259-2163 y (01662) 259-2164.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: fomo@correom.uson.mx.

La trascendencia de las películas proyectadas se relaciona, muchas veces, con la capacidad visionaria de los cineastas para crear o recrear fenómenos naturales o ficticios que intentan igualar nuestra percepción sensorial del mundo, o bien, persuadirnos de la autenticidad del mundo que nos presentan, mediante técnicas que permiten modificar la apariencia de la imagen o el sonido (Lutz, 2009). Todos estos recursos artificiales de naturaleza científica son llamados efectos especiales, término que se utilizó por primera vez en 1926, en la película de Fox *What Price Glory* (Nusim, 2007).

Los efectos especiales mecánicos usan elementos reales (Hsu y Chaniotakis, 2010) para persuadir al observador de la autenticidad de las imágenes, mediante la creación de fenómenos físicos que, por su naturaleza costosa, arriesgada, desastrosa o improbable, deben ser reproducidos en ambientes controlados, reemplazando materiales químicos de una amplia gama.

En la actualidad, filmes como *La Guerra de las Galaxias*, *Titanic*, *Matrix*, *El Señor de los Anillos*, *Avatar*, *Harry Potter* y más recientemente *Los Juegos del Hambre*, son *blockbusters* que han sido homenajeados por sus efectos especiales. Aunque es obvio que las grandes producciones cinematográficas de los últimos 10 años han necesitado, como la gran mayoría de las películas de acción o ciencia ficción, efectos especiales generados en computadora, algunos de ellos son realizados de la forma tradicional, sobre todo en aquellos que necesitan ser lo más realistas posibles, como es el caso de *Brigada 49*.

Además de ser una aplicación novedosa, el cine se ha convertido en una herramienta didáctica, como es el caso de los talleres impartidos en la Universidad de Oviedo, basados en el análisis de películas como *Shutter Island* y series de televisión como *Bones* (Fernández y García, 2012). Por otro lado, la Universidad de Bristol también ha desarrollado un programa donde se aplican los contenidos de la clase de química, seleccionando compuestos específicos e identificando su uso en el filme seleccionado (Diener, 2010).

El objeto primordial de esta investigación bibliográfica es explicar el fundamento químico de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión, así como también promover la química recreativa como fuente de conocimiento y diversión.

## Desarrollo

Los efectos especiales mecánicos, prácticos o físicos, son los recursos más simples utilizados para la creación inmediata de fenómenos físicos. Incluyen efectos ambientales, pirotecnia, sangre artificial, caracterización, disparos, explosiones, niebla, bruma o humo, entre otros; todos ellos tienen en común el auxilio de la química para impresionar a las personas que disfrutan desde sus asientos a través de la pantalla.

Durante las filmaciones, puede no contarse con situaciones ambientales específicas, es por ello que los cineastas buscan reproducir fenómenos atmosféricos como la nieve, niebla, bruma, lluvia o viento. Este último es generado por ventiladores que pueden simular desde una simple brisa hasta un tornado y la lluvia es creada con una mezcla de agua y leche que se rocía con aspersores (Nusim, 2007).

La niebla es un fenómeno atmosférico que comparte fundamentos químicos con otro tipo de efectos similares. Para la producción de niebla, la técnica más antigua y común es utilizar máquinas de humo cargadas con  $\text{CO}_2$  comprimido (hielo seco) que se vaporiza con facilidad añadiendo agua caliente. El hielo seco vaporizado causa un enfriamiento instantáneo del aire de alrededor que condensa la humedad ambiental, generando una niebla blanquecina y relativamente densa.

La temperatura del agua añadida puede ayudar a controlar la cantidad y densidad de niebla; el agua caliente vaporizará el  $\text{CO}_2$  más rápidamente que el agua fría. Debido a que el  $\text{CO}_2$  reemplaza al oxígeno del aire, es peligroso utilizar esta técnica cuando se necesitan grandes cantidades de niebla (Helmenstine, 2012) (Figura 1).

En las películas o series de televisión de magia o misterio, es necesario producir no solo la apariencia de niebla real, sino misteriosos humos densos y de distinta propagación. Para ello se utiliza nitrógeno líquido expuesto a temperaturas relativamente altas,

en las cuales su fase líquida es revertida y vuelve a ser gaseoso. En el proceso, enfría el aire a una mayor velocidad que el  $\text{CO}_2$  comprimido (porque la temperatura a la que se mantiene el estado líquido es mucho menor) condensando el aire a su alrededor rápidamente, manteniéndose cerca del suelo debido a su densidad. Debe tenerse entrenamiento apropiado y controlar la exposición al nitrógeno en esta técnica, porque las bajas temperaturas que se manejan pueden causar serios daños tisulares, además, el gas disminuye la concentración de oxígeno del aire por desplazamiento y puede causar desmayos o asfixia.



**Figura 1.** Niebla real. [<http://hablemosdemisterio.com/misterio/la-niebla-%C2%BFuna-puerta-de-entrada-a-lo-paranormal>].

Actualmente, por la facilidad de manipulación y para reducir los riesgos del manejo, se utilizan glicoles atomizados, también llamados «jugos de niebla» (Nusim, 2007). Esta preparación comercial contiene agua destilada, glicoles y aceite mineral, que son calentados y propulsados a presión por una máquina de humo creando una niebla que varía en densidad y duración dependiendo de las proporciones de la mezcla y de la estructura del glicol; si se aumenta la cantidad de glicol, más tiempo dura en el ambiente; si la cadena es más larga, la niebla es más densa.

La nieve real es difícil de manejar, así que la artificial resulta mejor. Una de las primeras mezclas famosas nació en 1930, con virutas de yeso blando y copos de maíz blanqueados. Posteriormente, se ha recurrido a la celulosa, almidón de papa o arroz, espuma o sulfato de magnesio, dependiendo del área a cubrir o el presupuesto disponible (Lutz, 2009) (Figura 2).



**Figura 2:** Nieve fabricada con  $(-\text{CH}_2\text{CH}[\text{CO}_2\text{Na}]_n)$ . [<http://www.cienciaonline.com/2008/03/06/%C2%BFcomo-se-hace-la-nieve-artificial>].

La compañía Crownshaw, ha utilizado  $(-\text{CH}_2\text{CH}[\text{CO}_2\text{Na}]_n)$  (poliacrilato de sodio), un polímero orgánico absorbente encontrado en pañales. El  $\text{H}^+$  de todos los grupos carboxilo ha sido sustituido por  $\text{Na}^+$  y al entrar en contacto con el agua se liberan, dejando libres iones  $\text{COO}^-$ . Los aniones se repelen, estirando la cadena principal y provocando el aumento de volumen. Para que el compuesto vuelva a ser estable y neutro, los iones captan las moléculas de agua, absorbiendo hasta 800 veces su volumen.

Entre las situaciones presentadas en cine o televisión, de las más llamativas son las que muestran escenas sangrientas, que cuidan siempre que el color, textura, brillo y densidad sean lo más real posible. En la mayoría de las preparaciones para filmaciones se utilizan sustancias comestibles, como jarabe de maíz o jarabe de chocolate, para asegurar la correcta densidad; colorantes rojo, azul y amarillo para conferirle el color apropiado según la circunstancia en que deba encontrarse la sangre y algún polvo como maicena o chocolate para manifestar cierto grado de coagulación (Markle y Brace, 2004). Un truco ingenioso para crear heridas instantáneas, es utilizar la reacción química para la síntesis del  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ , que forma un complejo hidratado color rojo sangre. Se logra empapando una porción de piel seca con una solución de  $\text{KSCN}$  y un cuchillo sin filo con  $\text{FeCl}_3$ ; al pasar el cuchillo por la piel, se producirá el complejo y dará la impresión de haber causado una herida real (Helmenstine, 2012). Otra posible aplicación de este sencillo principio se

observa en *Los diez mandamientos*, un clásico del cine de la década de 1950, cuando Aarón toma su báculo y lo introduce en las falsas aguas del río Nilo, éste se torna color rojo sangre (Pérez y Boronat, 2012).

En la película *El Dr. Jekyll y Mr. Hyde*, presentan una fórmula secreta para transformarse, que incluía una sal cristalina, un líquido rojo sangre y otros ingredientes. El color y el olor del líquido rojo sangre, aunado específicamente al elemento fósforo, indica que se trata de fósforo rojo disuelto en  $CS_2$ . El  $CS_2$  era comúnmente utilizado para disolver compuestos que no eran particularmente solubles en agua; hoy en día, es remplazado por el solvente DMSO (Dimetilsulfóxido) (Griep y Mikasen, 2009).

Los actores son transformados en casi cualquier criatura mediante el maquillaje prostético, basado en el arte de la cosmetología que, meticulosamente, logra empatar la piel artificial con la real. Las prótesis de alta calidad se logran tomando una impresión exacta de la persona que las usará para, posteriormente, esculpir en el molde las prominencias que se necesitan. Después, el molde se duplica en algún sólido flexible como el látex, silicona, gelatina o poliuretanos (Murphy, 2003) y se adhiere a la superficie corporal (Figura 3).



**Figura 3:** Herida artificial fabricada con silicona. Incluye sangre artificial de fórmula comercial. [[http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-434788491-dermo-skin-piel-falsa-fake-sangre-maquillaje-terror-fx-horro-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-434788491-dermo-skin-piel-falsa-fake-sangre-maquillaje-terror-fx-horro-_JM)].

En la película *El Señor de los Anillos*, todas las criaturas de la Tierra Media fueron creadas mediante maquillaje prostético. Un ejemplo es el actor que personificó a *Gimli* el enano, quien tuvo que utilizar una prótesis facial completa para aumentar el tamaño de su cara y lograr el aspecto apropiado para la raza *Dwarf* (Murphy, 2003).

El látex es un coloide de polímeros orgánicos de cadena larga aislados de la savia de árboles tropicales (especialmente *Hevea brasiliensis*) utilizado como ingrediente principal de la piel falsa. Se requiere, además, un agente de curado que unirá las cadenas de los polímeros del látex y un agente espumante que contribuirá a la formación de burbujas.

La mezcla es batida hasta que el agente espumante produce burbujas grandes o pequeñas, dependiendo del tiempo que se agite. Las burbujas pequeñas crearán una consistencia menos flexible que las burbujas grandes porque al calentarse, el agente de curado sellará las uniones entre los polímeros del látex y no permitirá que las moléculas fluyan, convirtiéndolo en un sólido flexible, dependiente de la cantidad de aire que haya sido atrapado dentro de las burbujas.

La silicona, por otro lado, es un polímero líquido cuya columna vertebral se compone de la unión alternada entre el silicio y el oxígeno con grupos laterales orgánicos como el metil, etil o vinil. A diferencia del látex, la silicona requiere un metal como el platino como agente curativo. En el caso de la polisilicona, se añade una molécula pequeña con al menos un átomo de hidrógeno que actúa como reticulante (puede usarse  $SiO_4$ ) y al catalizarse la reacción con un metal como el Pt, el H de esta molécula pequeña se une a los polímeros mediante el grupo  $CH_2CH_2-$ , endureciendo la silicona.

*Harry Potter* es la saga más taquillera de la década, y en concordancia con el tema, mientras aparezca la magia en el cine, aumentan las probabilidades de encontrar fantásticas y sencillas reacciones químicas. *Hermione*, por ejemplo, conjura llamas azules que puede guardar dentro de una jarra de vidrio (Copes, 2006). Esta no es más que una exhibición de la propiedad de los átomos de absorber energía (en este caso térmica) que les conduce a un estado excitado. Al volver a su configuración basal, los átomos liberan energía en forma de radiación electromagnética. Debido a que la energía liberada por cada átomo es de una longitud de onda específica, dependiendo del átomo que se trate será el color emitido; el color azul es producido por las sales de  $Cu^{+2}$ .

Las llamas de colores pueden lograrse también mediante reacciones extremadamente exotérmicas de óxido-reducción. Por ejemplo, la reacción de Zn,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y vapor de  $\text{I}_2$  o ( $\text{KMnO}_4$ ) y glicerina, crean flamas de varios tonos de color púrpura (Hsu y Chaniotakis, 2010).

Todos los efectos especiales relacionados con el fuego o las chispas son clasificados como pirotecnia, término que proviene de las raíces griegas *Piro* que significa fuego y *Techne* que significa arte o técnica.

La creación de explosiones se puede generar a gran escala y en miniatura, la decisión de cómo realizarlas depende de cada director y del tipo de efecto que se quiere lograr; si bien a escala natural el efecto es más impactante y realista, compromete la seguridad de todos los involucrados, situación que no sucede con las miniaturas.

Los explosivos generalmente tienen en común varios grupos ( $\text{NO}_2^-$ ) cuyos oxígenos son estabilizados por resonancia. En el caso de la nitroglicerina, o TNT, un golpe es suficiente para desestabilizar dichas uniones y causar una explosión. Existen otros «explosivos» ligeramente más estables como es el caso de la nitrocelulosa, fácilmente sintetizable mediante la nitración (con  $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de papel o algodón puro como fuente de celulosa, que no explotan propiamente, pero se consumen por deflagración, creando el mismo efecto visual (Figura 4).



**Figura 4:** Explosión de autos en la película *Avengers*. [<http://varietalesdialecticos.blogspot.mx/2012/03/mitos-de-pelicula.html#!/2012/03/mitos-de-pelicula.html>].

Los efectos pirotécnicos dependen, en gran medida, de la imaginación de los artistas. En la filmación de la *Guerra de las Galaxias: una nueva*

*esperanza*, el artista creó una caja con una mezcla de  $\text{S}_8$ , ( $\text{KNO}_3$ ) y carbón, que al ser encendidos desprendían chispas y residuos en todas direcciones para simular una explosión en el espacio donde, obviamente, la combustión no se produce porque no hay  $\text{O}_2$  (Lutz, 2009).

Para la generación de disparos, se utilizan las tronadoras, cuyo desarrollo necesita de la matemática, química y física para asegurar que las dimensiones del estallido no comprometen la integridad física del sujeto. Este pequeño aparato puede generar una explosión por medio de  $\text{NO}_3^-$  y otros explosivos, activada a través de un control remoto. Se calcula matemáticamente la distancia que recorrerá un objeto, el impacto de una explosión, los efectos de alcance, cohesión, adhesión, rotación, vibración, la energía de choque y desprendimiento de calor, representados por ecuaciones que ayudan a descifrar la carga necesaria de un determinado explosivo para la detonación satisfactoria, considerando la presión y velocidad de detonación.

## Conclusiones

La química es una ciencia polifacética que incide en casi todos los aspectos de la vida cotidiana, hecho que los estudiantes a veces pierden de vista. En este sentido, cobra vital importancia evocar y promover la ciencia en general y la química en particular, como fuente de diversión y aprendizaje pero, sobre todo, para favorecer la aplicación de los conocimientos adquiridos de forma creativa y responsable.

Dentro de la industria del entretenimiento, la química fue la base de los efectos especiales en cine y televisión, hasta que muchos de ellos fueron sustituidos por simulaciones computarizadas que, muchas veces, no logran igualar los fenómenos reales. Es por ello, que inclusive la más avanzada tecnología no ha conseguido reemplazar principios químicos basados en reacciones simples, pero espectaculares que persuaden al espectador de la veracidad de las escenas y atraen a una cada vez más fascinada audiencia.

Las estratosféricas inversiones que se hacen en cintas como *Batman*, *Harry Potter*, *La Guerra de las Galaxias* o *Avatar*, manifiestan el impacto que los efectos especiales pueden dar a una película, sin

menospreciar el guion o la trama. Estos son ejemplos de filmes que trascienden por el realismo que alcanzan sus mundos de fantasía gracias a la atención que ponen en los detalles y a la creatividad de los científicos que trabajan para la industria cinematográfica, empleo que debe ser altamente gratificante.

Desde la manipulación atmosférica hasta la generación de heridas de bala, la química explica y expone los secretos del cine, demostrando una vez más que hay una línea fina donde pueden mezclarse la magia y la ciencia, si se tiene la imaginación suficiente.

## Bibliografía

- COPEL, J. S. 2006. The chemical wizardry of J. K. Rowling. *Journal of Chemical Education* 83(10): 1479-1483.
- DIENER, L. 2010. News from online: lights, camera, chemistry! *Chemical Education Today* 87(10): 1004-1006.
- DI LENA, T. 2012. Varietales Dialécticos. Mitos de Película. Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://varietalesdialecticos.blogspot.mx/2012/03/mitos-de-pelicula.html#!/2012/03/mitos-de-pelicula.html>
- FERNÁNDEZ, L. T. and S. García. 2012. La química en el cine: ficción o realidad. *An. Quim.* 108(1): 44-48.
- GRIEP, M. and M. Mikasen. 2009. Reaction. Chemistry in the Movies. Oxford University Press, New York. 331 p.
- HABLEMOS DE MISTERIO. 2011. La niebla, ¿una puerta de entrada a lo paranormal? Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://hablemosdemisterio.com/misterio/la-niebla-%C2%BFuna-puerta-de-entrada-a-lo-paranormal>.
- HELMENSTINE, A. M. 2012. Special effects science; chemistry behind movie special effects. About.Com Chemistry. Consultado el 20 de Octubre de 2012 en la URL: <http://chemistry.about.com/od/demonstrationexperiments/tp/Special-Effects-Science.htm>
- HERNÁNDEZ, L. 2008. Ciencia online ¿Cómo se hace la nieve artificial? Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://www.cienciaonline.com/2008/03/06/%C2%BFcomo-se-hace-la-nieve-artificial>
- Hsu, T. and M. Chaniotakis. 2010. A Natural Approach to Chemistry. Lab Aids, New York. 710 p.
- LUTZ, D. 2009. Hollywood special effects. How did they do that? *ChemMattersOnline* 27(4): 5-8. Consultado el 15 de Agosto de 2012 en la URL: [http://portal.acs.org/portal/PublicWebSite/education/resources/highschool/chemmatters/archive/CNBP\\_023526](http://portal.acs.org/portal/PublicWebSite/education/resources/highschool/chemmatters/archive/CNBP_023526)
- MARKLE, S. and E. Brace. 2004. Make Fake Blood and 18 More Spooky Special Effects! (Science dares you!). Scholastic, New York. 64 p.
- MERCADO LIBRE. 2012. Dermo skin, piel falsa, fake, sangre, maquillaje, terror fx, horror. Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-434788491-dermo-skin-piel-falsa-fake-sangre-maquillaje-terror-fx-horro-JM>
- MURPHY, M. 2003. «Middle earth's monster makers. *Chemistry and Industry* 24: 10-12.
- NUSIM, R. 2007. Visual effects: seeing is believing. Young Minds Inspired and Academy of Motion Picture, Arts and Science. 18 p. Consultado el 18 de Octubre de 2012 en la URL: <http://www.oscars.org/educationoutreach/teachersguide/visualeffects/pdf/visffects.pdf>
- PÉREZ, J. P. L. and R. Boronat. 2012. Una reacción química de cine. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(2): 274-277. 

---

Este artículo es citado así:

Muñoz-Osuna, F. O., K. L. Arvayo-Mata, C. A. Villegas-Osuna, F. H. González-Gutiérrez y O. A. Sosa-Pérez. 2013: *La química detrás de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión: regreso a los clásicos*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(2): 58-64.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**FRANCISCA OFELIA MUÑOZ OSUNA.** Químico egresado de la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad de Sonora en 1975. Ha realizado estudios de Posgrado en el Departamento de Polímeros y Materiales donde cursó la maestría de 1988-1990 en la Universidad de Sonora y en la Universidad Pedagógica Nacional Unidad 26A de Hermosillo, Sonora, donde realizó la Maestría en Educación Campo: Formación Docente de 2002-2004. Actualmente cursa el Doctorado en Educación en la Universidad Nacional a Distancia (UNED) en Madrid España. Ha asistido a 150 cursos, congresos, eventos académicos de actualización y simposios nacionales e internacionales. Ha impartido 27 conferencias, 29 ponencias en IES y en nivel medio superior en eventos nacionales, locales y regionales. Ha participado en la organización de 16 eventos académicos. Fue maestro de asignatura en 1975-1977 y tiempo completo a partir de 1978 en la Escuela de Ciencias Químicas y primera Jefa de Laboratorios de dicha escuela y del Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Ha sido directora de ocho exámenes de licenciatura, dos de maestría y sinodal de múltiples exámenes profesionales. Ha sido asesor académico de 84 trabajos presentados en la Muestra Estudiantil, obteniendo 63 premios. Es autor de 11 artículos publicados en revistas de circulación nacional o internacional. Ha escrito cinco libros académicos, es responsable y/o colaborador de 44 proyectos concluidos. Miembro de jurado calificador para el ingreso de personal académico. Ha participado en diseño de programas de materia e impartido cursos a profesores de nivel secundaria, preparatoria y universidad. Ha tenido múltiples comisiones y proyectos realizados, entre ellos la Comisión Dictaminadora de Ciencias Biológicas y de la Salud, Reforma Curricular 1978-2004 y Nuevo Plan de Estudios 2004 para QBC y QA. Es presidente de academia de química analítica, maestra en el área de química orgánica, química analítica, tutora desde el año 2000 y responsable de dos proyectos de docencia enfocados a competencias docentes.

**KARLA LIZBETH ARVAYO MATA.** Es estudiante de sexto semestre de la Lic. Químico Biólogo Clínico en la Universidad de Sonora (UNISON). Es asesor en el programa de Tutorías por pares en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Es autor de un artículo científico de nivel internacional y ha presentado cinco ponencias a nivel local obteniendo segundo lugar en tres ocasiones y ha participado en tres ponencias a nivel nacional. Ha asistido a dos congresos estatales y a un curso de actualización.

**CARMEN ALICIA VILLEGAS OSUNA.** Químico-Biólogo, Especialidad Tecnología de Alimentos, egresada de la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad de Sonora. Obtuvo la Maestría en Ciencias de los Materiales en la Universidad de Sonora. Es docente en la Universidad de Sonora de 1981 hasta la fecha, impartiendo las clases de Química Orgánica I, Química Orgánica II y Química Orgánica III. Ha participado en proyectos en la Línea de Investigación Educativa, tres como responsable y cuatro como colaborador, dos de ellos en proceso. Participa como tutor académico de alumnos del Departamento de Ciencias Químico Biológicas del 2000 a la fecha. Ha asistido a numerosos cursos, de los cuales 10 corresponden a los últimos cinco años. Participó en la organización y como asesor en la Olimpiada Sonorense de Química de 1994 a 2010. También ha colaborado en la organización de la Olimpiada de Química Campogrande del 2005 al 2011. Colaboró como miembro de la Comisión de Asuntos Académicos, tanto a nivel academia como departamental. Asimismo, en la Comisión Departamental para la Revisión y Adecuación de los Lineamientos de Titulación. Presentó 10 ponencias en cartel en los últimos cinco años en la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología. Es autor o coautor de siete artículos de investigación y/o divulgación, tres libros, dos manuales de prácticas y materiales didácticos correspondientes a las materias impartidas. Tiene reconocimiento PROMEP desde el año 2004 a la fecha.

**FRANCISCO HUMBERTO GONZÁLEZ GUTIÉRREZ.** Es estudiante de sexto semestre de la Lic. Químico Biólogo Clínico en la Universidad de Sonora (UNISON). Es autor de cinco ponencias a nivel local obteniendo segundo lugar en dos ocasiones y ha participado en tres ponencias a nivel nacional. Ha asistido a un congreso nacional.

**OSCAR ALBERTO SOSA PÉREZ.** Estudiante de sexto semestre de la Lic. Químico Biólogo Clínico en la Universidad de Sonora (UNISON). Es autor siete ponencias a nivel local obteniendo el segundo lugar en dos ocasiones y ha participado en tres ponencias a nivel nacional. Ha asistido a un congreso nacional.

# Texture profile analysis of Fresh cheese and Chihuahua cheese using miniature cheese models

## Análisis del perfil de textura de queso Fresco y queso Chihuahua utilizando modelos de queso miniatura

NÉSTOR GUTIÉRREZ-MÉNDEZ<sup>1,2</sup>, NALLELI TRANCOSO-REYES<sup>1</sup> Y MARTHA YARELY LEAL-RAMOS<sup>1</sup>

*Recibido: Agosto 9, 2012*

*Aceptado: Febrero 27, 2013*

### Abstract

In this study are described the protocols for the manufacture of miniature version of Fresh and Chihuahua cheese. But also, it was analyzed the usefulness of these miniature cheeses determining instrumental Texture Profile Analysis (TPA). Portions of 250g of pasteurized milk were used for the manufacture of miniature Fresh-type and Chihuahua-type cheeses. The miniature cheeses had 4 cm of diameter with a range weight of 28g (Fresh cheese) to 22g (Chihuahua cheese). Miniature cheeses had the proper size to perform TPA, obtaining three cheese samples from each miniature cheese. The composition and texture characteristics of miniature cheeses were similar than the observed in commercial Fresh and Chihuahua cheeses. Miniature cheeses can be used for the assessment of new ingredients and their effect on the cheese texture, saving space, time and costs.

**Keywords:** mini-cheeses protocol, cheese texture, Fresh cheese, Chihuahua cheese.

### Resumen

En este trabajo se expone la utilización de micro quesos, elaborados bajo condiciones controladas de laboratorio, para analizar el perfil de textura (TPA) en queso Fresco y queso Chihuahua. La elaboración del queso Fresco y queso Chihuahua en miniatura se realizó a partir de porciones de 250g de leche. Una vez concluido el proceso de elaboración, se obtuvieron quesos de 4 cm de diámetro con un peso de 28g (queso Fresco) y 22g (queso Chihuahua). Los quesos miniatura tuvieron el tamaño adecuado para realizar el TPA; se obtuvieron tres muestras de cada queso miniatura. La composición de los mini-quesos, así como las propiedades de textura fue similar a lo observado en muestras comerciales de queso Fresco y queso Chihuahua. Por lo que estos quesos miniatura pueden ser utilizados para realizar una gran cantidad de pruebas evaluando nuevos ingredientes y su efecto sobre la textura del queso Fresco y del queso Chihuahua; ahorrando una cantidad considerable de espacio, tiempo y dinero.

**Palabras clave:** protocolo mini-quesos, textura del queso, queso Fresco, queso Chihuahua.

### Introduction

Nowadays, there is a growing interest in the development of new dairy products. A number of new ingredients and technologies from around the world are helping to improve the manufacture of cheese. Some examples of ingredients are the cheese-ripening enzymes, lactic acid bacteria that produces exopolysaccharides, acidulants (like sodium acid sulfate), anti-caking agents and enzymes that improve the cheese yield.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas. Circuito Universitario, Campus II. Chihuahua, Chih. México.

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

Recently, there also have been widely explored new products for cheese added with ingredients or modified to produce a benefit for health. Some examples of these products are the low-fat, and low-salt cheeses, and the cheeses added with functional ingredients like vitamins, minerals, probiotics, prebiotics, soluble dietary fiber and omega-3 fatty acids (Pszczola, 2006; Johnson *et al.*, 2009). Nevertheless, one of the main concerns in the use of new ingredients or technologies for the manufacture of cheese is the possible change in its texture characteristics.

The cheese texture is influenced by the ingredients used for its manufacture (composition and heat treatment of the milk, lactic acid bacteria used, type of coagulant, addition of gums, etc.), the manufacturing procedures (acidification rate of the milk and curd, cutting size, stirring and stretching conditions of the curd, washing steps, etc.), the chemical composition of the cheese (water, protein and fat content, pH, calcium, sodium and phosphate content, etc.) and the conditions of ageing (time and temperature, residual enzyme activity, relative humidity, etc.) (Lucey *et al.*, 2003).

The texture, along with the flavor and appearance of the food are the main factors in the sensory acceptability of a food product (Bourne, 2004). According to Bourne (2002) the food texture is defined as ...»that group of physical characteristics that arise from the structural elements of the food, are sensed primarily by the tactile perception, are related to the deformation, disintegration, and flow of the food under a force, and are measured objectively by functions of mass, time and distance».... The texture in the food can be measured by sensory tests like descriptive sensory analysis with trained judges, and by using instrumental methods (Bourne, 2004; Foegeding *et al.*, 2011). One of the most used instrumental methods for solid food is the Texture Profile Analysis (TPA). In this method, a sample of food is compressed and decompressed two times, imitating the first two chews on a food. The

results obtained with this probe give different texture notes that have good correlation with the obtained by sensory methods (Bourne, 1978; Bourne, 2004). The instrumental TPA was developed 40 years ago and it is a very popular and used method not only in research but also in the industry as quality control of the food texture (Pons and Fiszman, 1996). Currently, the instrumental TPA remains to be among the most broadly used instrumental measurement for cheese-texture evaluation (Gunasekaran and Ak, 2003).

The assessment of new ingredients or changes in the manufacture procedures over the cheese texture usually requires the production of experimental cheeses. Sometimes due to the number of treatments and its corresponding replicates the experiments use to be, even on a pilot scale, expensive, time-consuming, require large space for its storage, and use to be of low reproducibility (Shakeel-Ur-Rehman *et al.*, 2001). Some alternatives for the production of cheese on a pilot scale have been suggested for different uses. Salles and others (1995) reported a cheese model for evaluation of sensory attributes and flavor compounds. Milesi *et al.* (2007) reported the use of mini soft cheeses for monitoring microbial populations and proteolysis during the cheese ripening. Shakeel-Ur-Rehman *et al.* (1998) described the methodology for the manufacture of miniature cheese with similar composition and flavor of Cheddar cheese. This miniature cheese has been used for the assessment of the proteolytic activity and the heat resistance of some lactic acid bacteria (Shakeel-Ur-Rehman *et al.*, 1999; Jeanson *et al.*, 2003). Hynes *et al.* (2000) modified the methodology of Shakeel-Ur-Rehman *et al.* (1998) to produce a miniature washed-curd cheese, under controlled microbiological conditions. These authors used this methodology for testing single bacterial strains in a washed-curd cheese environment. Nevertheless, almost all the cheese models described have been used for microbiology or sensory studies, but have been scarcely used for texture analysis.

In this study are described the protocols for the manufacture of miniature version of two of the most consumed cheeses in Mexico and USA by the Hispanic community, the Fresh and Chihuahua cheese. This miniature Fresh and Chihuahua cheeses were compared in composition and texture with commercial samples of Fresh and Chihuahua cheese, to assess its usefulness determining the texture of these kinds of cheeses by instrumental TPA.

## Materials and Methods

### *Manufacture of miniature Fresh-type cheese.*

Portions of 250g of standardized (3% fat) milk were placed in four glass beakers of 500 mL and pasteurized at 63 °C for 30 minutes. The milk portions were cooled at 32 °C and added with 100µL of a CaCl<sub>2</sub> solution 6.6 M. Afterward, 13.75µL of chymosin (Chy-Max, Chr Hansen, Horsholm, Denmark) was added to the milk and incubated (incubator Shel Lab, Oregon, USA) by one hour at 32 °C. The coagulum formed was cut with a stainless-steel spatula (0.8 cm width) in small cubes of 0.8 cm<sup>3</sup>, held for 10 minutes and then stirred at 150 rpm for 60 minutes in an orbital shaker (DS-500, VWR, USA). The whey was drained, and the curd was salting with 1% NaCl (w/w). The curd was transferred into polypropylene tubes with flat bottom (4.3 cm diameter and 9 cm height) and centrifuged (Thermo IEC, Centra CL3R, USA) at 1700 x g for 15 minutes at room temperature. The whey expelled was drained and the curd was centrifuged again at 1700 x g for 30 minutes. After further whey drainage, mini cheeses were removed from the tubes, wiped with tissue paper and packed in hermetic polyethylene bags (16.5 cm x 14.9 cm). Mini cheeses were stored in refrigeration at 3 °C for two days before its analysis (see Figure 1).

### *Manufacture of miniature Chihuahua-type cheese.*

Portions of 250 g of standardized (3% fat) milk were placed in four glass beakers of 500 mL and pasteurized at 63 °C for 30 minutes. Milk portions were cooled at 32 °C and inoculated with a freeze-dried starter culture that contained

*Lactococcus lactis* spp. *lactis*, *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* and *Lactococcus lactis* spp. *lactis* biovar *diacetylactis* (Choozit, Danisco, Niebüll, Germany). The milk was incubated for one hour at 32 °C and afterward added with 100µL of CaCl<sub>2</sub> 6.6 M and 13.75µL of chymosin, Chy-Max (Chr Hansen, Horsholm, Denmark). After one hour of incubation at 32 °C, the coagulum was cut with a stainless-steel spatula in small cubes of 0.8 cm<sup>3</sup>, held for 10 minutes and then stirred at 150 rpm for 60 minutes in an orbital shaker. The whey was drained, and the curd was warmed to 38 °C in a water bath (IsoTemp 210, Fisher Sci, Iowa, USA) until the pH reached 5.6. Then the curd was salting with 1% NaCl (w/w) and transferred into polypropylene tubes (4.3 cm diameter and 9 cm height). The tubes were centrifuged at 1700 x g for 30 minutes at room temperature. The expelled whey was drained and the curd was centrifuged again for 60 minutes at 1700 x g. Mini cheeses were removed from the tubes, and stored in refrigeration unpacked at 4 °C and 75% Relative Humidity (RH) for 48 hours. Finally, mini cheeses were wiped with tissue paper, packed in hermetic polyethylene bags (16.5 cm x 14.9 cm) and stored at 3 °C for one week before its analysis (Figure 1).

### *Compositional Analysis*

Composition of the milk was determined with an ultrasound analyzer MA250 (MilkTech, Miami, USA). The pH was obtained by the AOAC method 981.12 (1998), placing the electrode of the pH meter (Pinnacle, Corning, New York, USA) in contact with the curd or grated cheese. Moisture and protein content were determined by the AOAC methods 926.08 and 991.22. The fat content was determined by the Gerber method using a Roeder butyrometer (Kirk *et al.*, 2000).

### *Determination of instrumental Texture Profile Analysis.*

Texture properties were determined in Fresh-type and Chihuahua-type miniature cheeses, as well as in samples of commercial brands of Chihuahua and Fresh cheese. Texture profile analysis (TPA) was conducted using a TA.XTplus Texture analyzer (Stable Micro System, London, England). TPA was performed using a cylinder

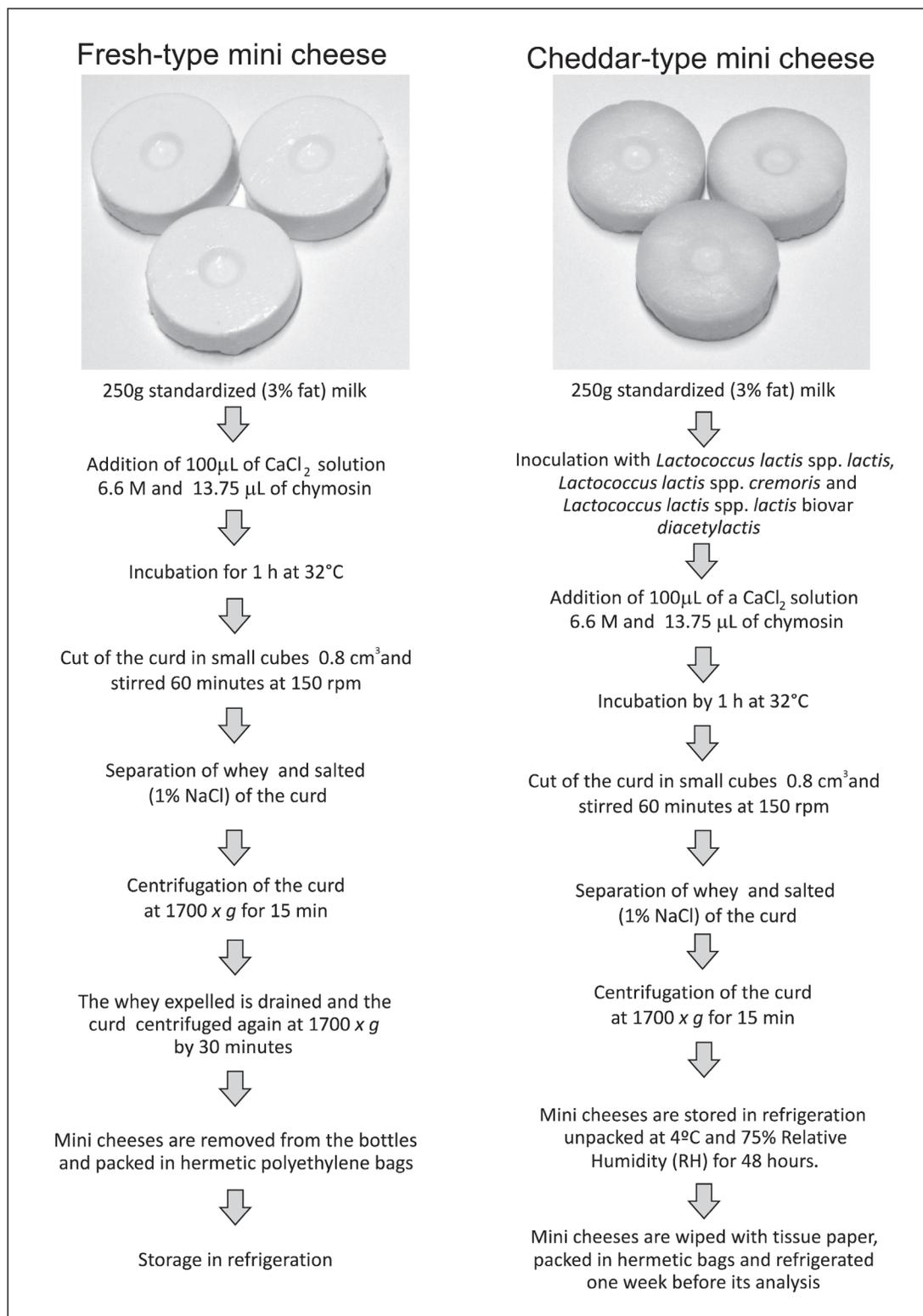


Figure 1. General procedures for the manufacture of Fresh-type and Chihuahua-type miniature cheeses.

flat-ended probe (P/2 SL) of 2.5 cm of diameter. Three cylindrical sections (1.2 cm diameter and 1.5 cm height) from each cheese sample (Figure 1) were compressed by 75% twice using a crosshead speed of 0.05 cm/sec. The second compression was delayed 5 seconds from the first compression. Cheese samples were allowed to equilibrate at room temperature (25 °C) prior to testing. Hardness, fracturability, adhesiveness, springiness and cohesiveness were calculated by the software instrument called Texture Exponent (Stable Micro System, London, England).

#### *Statistical analysis.*

A completely randomized design was used to compare rheological and proximal data obtained from the mini cheeses with the information acquired from samples of Fresh and Chihuahua cheese brands. Additionally, a Tukey test was performed for multiple-comparison of means. On the other hand, a principal component analysis (PCA) using a correlation matrix was carried out to determine similarities or clusters among the cheese samples. PCA was obtained with the data collected from the TPA and compositional analysis. These analyses were performed using the Minitab Release 14.12.0 software (Minitab Inc. USA).

## Results and Discussion

#### *Composition of miniature cheeses.*

Miniature Fresh cheeses had an average size of 4 cm of diameter and 2.0 cm of height, with a weight of  $28 \pm 1.04$  g. The fat content of miniature Fresh cheeses was the same that the observed in the three brands of Fresh cheese. However, their protein and moisture content was similar to two of the three brands of Fresh cheese (Table 1). The pH of miniature Fresh cheeses and the samples of the different Fresh cheese brands were statistically different. Fresh cheese is a curd-like product with high moisture (46-57%) and low fat (18-29%) content and a nearly neutral pH (6.1). The shelf life of this type of cheese is only of two weeks in refrigeration (VanHakken and Farkye, 2003; Walstra *et al.*, 2006). The high

moisture and neutral pH of the Fresh cheese allow the growth of different microorganisms (even at low temperatures) during its storage, acidifying the pH of the cheese. The pH variability among the samples of the different brands of Fresh cheese and the miniature cheeses could be due to differences in the time of manufacture before its analysis. Nevertheless, in general, it was observed that the composition of the different Fresh cheese brands, and the miniature Fresh-type cheeses were similar than the reported by other authors (Table 1) for Fresh cheese (VanHakken and Farkye, 2003).

Miniature Chihuahua cheeses showed a lower weight ( $22 \pm 0.98$ g) and height (1.8 cm) than the observed in the miniature Fresh cheeses. The fat contents of the miniature Chihuahua cheeses were the same that the observed in the samples of the four brands of Chihuahua cheese. The protein content of miniature Chihuahua-type cheeses was equal to three of the four commercial samples of Chihuahua cheese. However, the moisture content was significantly higher in the miniature cheeses, and the second brand (Table 1) than the observed in the other three brands of Chihuahua cheese. Chihuahua cheese is a semi-hard product made from either raw milk or pasteurized milk by the Mennonite communities settled in the state of Chihuahua, Mexico. The main compositional difference between Chihuahua cheese and Cheddar cheese is the high moisture content, usually as high as 45% (Gutierrez-Mendez and Nevarez-Moorillón, 2009). The difference in moisture content among the Chihuahua cheese brands assessed in this study (Table 1) is probable due to differences in the process methods or the ripening time of each cheese. The miniature cheeses had only seven days of ripening and thus, high moisture content, whereas some brands of Chihuahua cheese use to ripen the cheese at least one month. As well as miniature Fresh cheeses, the miniature Chihuahua cheeses had similar compositional characteristics than the reported for Chihuahua cheese brands (Gutierrez-Mendez and Nevarez-Moorillón, 2009).

**Table 1.** Summary of the composition observed in commercial samples of Fresh and Chihuahua cheeses and miniature Fresh-type and Chihuahua-type cheeses.

CHEESE TYPE	Fat (%)	Protein (%)	Moisture (%)	pH
Fresh-type miniature cheeses	16.13 ± 1.93 <sup>a</sup>	17.18 ± 2.57 <sup>b</sup>	54.92 ± 1.01 <sup>a</sup>	6.00 ± 0.02 <sup>b</sup>
Fresh cheese (Brand 1)	18.25 ± 1.50 <sup>a</sup>	19.24 ± 3.07 <sup>ab</sup>	50.60 ± 1.78 <sup>b</sup>	5.91 ± 0.02 <sup>c</sup>
Fresh cheese (Brand 2)	18.63 ± 1.11 <sup>a</sup>	22.87 ± 1.19 <sup>a</sup>	54.73 ± 0.66 <sup>a</sup>	6.33 ± 0.06 <sup>a</sup>
Fresh cheese (Brand 3)	16.50 ± 1.91 <sup>a</sup>	15.72 ± 0.90 <sup>b</sup>	55.63 ± 0.73 <sup>a</sup>	5.84 ± 0.06 <sup>d</sup>
<b>Fresh cheese*</b>	<b>18-29</b>	<b>17-21</b>	<b>46-57</b>	<b>6.1</b>
Chihuahua-type miniature cheeses	27.25 ± 2.99 <sup>b</sup>	24.43 ± 1.42 <sup>a</sup>	42.3 ± 1.44 <sup>a</sup>	5.35 ± 0.05 <sup>c</sup>
Chihuahua cheese (Brand 1)	28.75 ± 2.22 <sup>ab</sup>	25.97 ± 0.80 <sup>a</sup>	37.54 ± 1.43 <sup>b</sup>	5.43 ± 0.02 <sup>b</sup>
Chihuahua cheese (Brand 2)	30.75 ± 2.06 <sup>a</sup>	24.18 ± 2.21 <sup>a</sup>	43.34 ± 0.70 <sup>a</sup>	5.23 ± 0.01 <sup>d</sup>
Chihuahua cheese (Brand 3)	27.00 ± 2.16 <sup>b</sup>	20.42 ± 1.30 <sup>b</sup>	37.50 ± 0.73 <sup>b</sup>	5.48 ± 0.02 <sup>a</sup>
Chihuahua cheese (Brand 4)	27.00 ± 1.41 <sup>b</sup>	23.63 ± 0.61 <sup>a</sup>	38.74 ± 0.41 <sup>b</sup>	5.50 ± 0.01 <sup>a</sup>
<b>Chihuahua cheese**</b>	<b>21-36</b>	<b>22-28</b>	<b>33-45</b>	<b>5.0-5.5</b>

<sup>a,b,c,d</sup>. Superscripts with different letter in the same column indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

\*Composition of commercial Fresh cheeses reported by VanHekken and Farkye (2003).

\*\*Composition of commercial Chihuahua cheeses reported by Gutierrez-Mendez and Nevarez-Moorillón (2009).

### Texture profile of miniature cheeses.

The fracturability (force observed at the first significant break during the first compression cycle) of miniature Fresh cheeses was equal to the observed in all the commercial brands of Fresh cheese (Table 2). Nevertheless, also miniature Fresh cheeses were similar, at least in two of the three brands of Fresh cheese, in hardness (peak force during the first compression), adhesiveness (work necessary to pull the compressing plunger away from the sample), springiness (the height that food recovers), chewiness (work necessary for a double compression) and cohesiveness (Bourne, 1978). During the manufacture of Fresh cheese, the curd is finely milled and salted, producing a crumbly texture in the cheese (VanHekken and Farkye, 2003). Because of this, with a small load the cheese matrix can be fractured. Fresh cheeses do not melt when heated, because at the pH of this kind of cheese (6.1) almost all the colloidal calcium phosphate

(CCP) is undissolved. When the pH is lowered the CCP dissolves, increasing salt bridges between caseins and swelling; modifying the texture properties of the cheese (Lucey *et al.*, 2003; VanHekken and Farkye, 2003).

The miniature Chihuahua cheeses presented the same hardness and adhesiveness than three of the four brands of Chihuahua cheese analyzed (Table 2). The springiness of the miniature cheeses was similar to the brands four and one, but different to the brands two and three. In contrast, the values of chewiness of the miniature Chihuahua cheeses were similar to the brands two and three but different to the brands one and four. The Chihuahua cheese is described as being a cross between Cheddar and brick cheese, but some rheological similarities to Colby and Havarti cheese have been reported. Chihuahua cheese requires similar force for fracture as fresh Cheddar cheese, but tolerates deformation similar to Colby cheese and has shear rigidity like Havarti

and brick cheeses (Tunick *et al.*, 2007; Van Hekken *et al.*, 2007; Tunick *et al.*, 2008).

The texture of the cheese is produced by a complex interaction of different factors like cheese composition, manufacturing and ripening conditions (Lucey *et al.*, 2003). For this reason, it is normal to observe coincidences and differences between the commercial cheese samples and the miniature cheeses. Nevertheless, to know if miniature cheeses were similar to their corresponding commercial versions, it was performed a multivariate analysis, considering all the responses of the TPA and the compositional analysis. From the PCA, the first principal component (PC1) had an eigenvalue of 5.45, which explain 54.5% of the total data variability. The second and third principal components (PC2 and PC3) had eigenvalues of 1.54 and 1.28. In Figure 2a, all the cheese samples, including the commercial Fresh and Chihuahua cheeses as well as the miniature Fresh-type and Chihuahua-type cheeses, were plotted using their scores from the PCA. Miniature Fresh-type cheeses have similar characteristics to the Fresh cheese of brand one. The Fresh cheeses of brand two were slightly different from the other Fresh

cheeses; probably, because its higher protein content (Table 1) and acidic pH (6.3), but also due to differences in its cohesiveness and chewiness (Table 2). On the other hand, miniature Chihuahua-type cheeses were similar to Chihuahua cheeses of brand one, two and three. However, Chihuahua cheeses of brand four had different characteristics. The main differences observed in the cheeses of brand four were the high adhesiveness, and the low values of chewiness and cohesiveness. These results suggest that Chihuahua cheese of brand four perhaps were added with an additional ingredient like gum.

In Figure 2b, vectors represent a graphical display of the loading for the variables used in the PCA. The variables of cohesiveness, hardness and chewiness had similar loads than the variables of protein and fat content, indicating that changes in fat and protein content will affect these texture variables. This observation is related to the described by Gunasekaran and Ak (2003), that a reduction in fat content produces an increase in the hardness of the cheese. In contrast, the adhesiveness and springiness showed similar loads that the pH and the moisture.

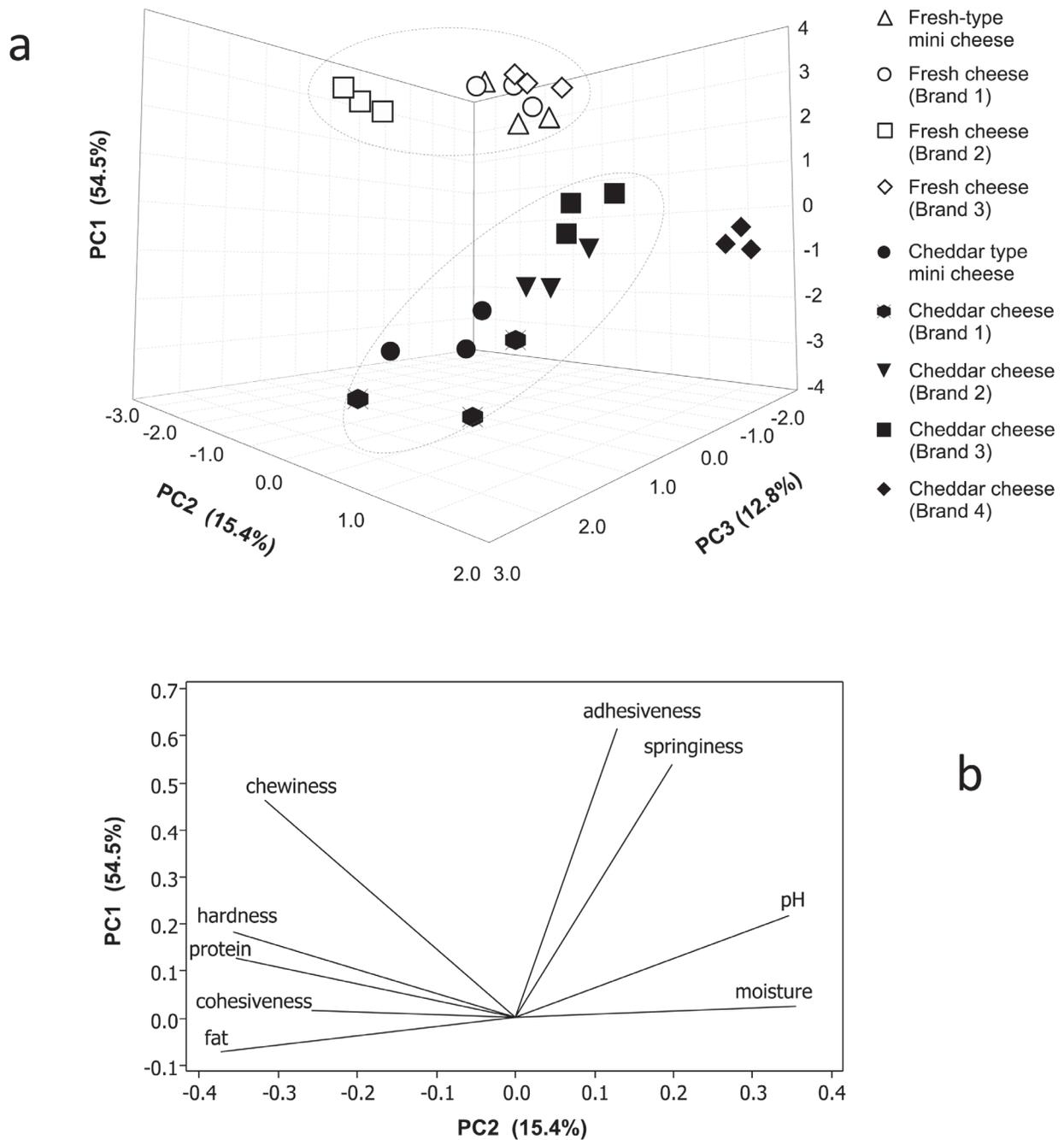
**Table 2.** Texture profile analysis (TPA) of commercial Fresh cheese and Chihuahua cheese samples, and miniature Fresh-type and Chihuahua-type cheeses.

CHEESE TYPE	Hardness (N)	Fracturability (N)	Adhesiveness (N.s)	Springiness (mm)	Chewiness (mJ)	Cohesiveness
Fresh-type miniature cheeses	7.59 ± 0.59 <sup>a</sup>	2.54 ± 0.41 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.08 <sup>a</sup>	6.79 ± 0.80 <sup>a</sup>	9.98 ± 0.56 <sup>ab</sup>	0.26 ± 0.04 <sup>a</sup>
Fresh cheese (Brand 1)	6.84 ± 0.79 <sup>a</sup>	4.07 ± 3.53 <sup>a</sup>	0.10 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.61 ± 0.37 <sup>a</sup>	12.53 ± 1.83 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.02 <sup>a</sup>
Fresh cheese (Brand 2)	6.60 ± 0.51 <sup>a</sup>	1.99 ± 3.44 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.01 <sup>b</sup>	8.65 ± 0.44 <sup>b</sup>	22.62 ± 2.17 <sup>c</sup>	0.40 ± 0.02 <sup>b</sup>
Fresh cheese (Brand 3)	4.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	3.81 ± 0.58 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>a</sup>	6.76 ± 0.48 <sup>a</sup>	7.19 ± 1.43 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>a</sup>
Chihuahua-type miniature cheeses	14.81 ± 2.55 <sup>a</sup>	5.48 ± 1.78 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.16 <sup>a</sup>	4.54 ± 1.25 <sup>a</sup>	34.69 ± 2.75 <sup>b</sup>	0.62 ± 0.02 <sup>d</sup>
Chihuahua cheese (Brand 1)	23.84 ± 2.36 <sup>b</sup>	ND	0.19 ± 0.26 <sup>a</sup>	6.71 ± 1.29 <sup>ab</sup>	64.28 ± 2.48 <sup>c</sup>	0.38 ± 0.01 <sup>c</sup>
Chihuahua cheese (Brand 2)	9.27 ± 0.96 <sup>a</sup>	ND	0.18 ± 0.10 <sup>a</sup>	7.04 ± 0.49 <sup>b</sup>	27.14 ± 5.85 <sup>b</sup>	0.52 ± 0.02 <sup>b</sup>
Chihuahua cheese (Brand 3)	11.76 ± 2.30 <sup>a</sup>	10.59 ± 3.26 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.07 <sup>a</sup>	8.05 ± 0.36 <sup>b</sup>	26.91 ± 7.93 <sup>ab</sup>	0.28 ± 0.02 <sup>a</sup>
Chihuahua cheese (Brand 4)	9.29 ± 2.00 <sup>a</sup>	6.39 ± 0.56 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.12 <sup>b</sup>	5.78 ± 0.50 <sup>ab</sup>	13.09 ± 2.92 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.02 <sup>a</sup>

Mean value ± standard deviation; n=3. ND = not detected.

<sup>a,b,c,d</sup> Superscripts with different letters in the same column, for the same type of cheese, indicate statistically significant differences (P<0.05).

**Figure 2.** (a) Principal component analysis obtained from the variables of composition and texture of Chihuahua cheeses, Fresh cheeses and mini-cheese versions of Fresh and Chihuahua cheeses; (b) Graphical display of the loadings of the variables used for the principal component analysis.



## Conclusion

The composition and texture characteristics of the miniature cheeses were similar to the obtained in the samples of commercial Fresh and Chihuahua cheeses. For this reason, miniature Fresh-type and Chihuahua-type cheeses could be used for the assessment of texture or changes in texture by addition or modification of ingredients; saving space, time and costs.

## Acknowledgements

The authors wish to thank PROMEP-SEP (Programa de Mejoramiento del Profesorado–Secretaría de Educación Pública) for the financial support (PROMEP/103-5/09/4149) of this work.

## References

- AOAC, 1998. Official Methods of Analysis (16th ed.). Washington D.C. USA: Association of Official Analytical Chemists.
- BOURNE, M. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66.
- BOURNE, M. 2002. Food Texture and Viscosity, Concept and Measurement. London, U.K.: Academic Press.
- BOURNE, M. 2004. Relation between texture and mastication. *Journal of Texture Studies* 35, 125-143.
- FOEGEDING, E. A., Daubert, C. R., Drake, M. A., Essick, G., Trulsson, M., & Vinyard, C. J. 2011. A comprehensive approach to understanding textural properties of semi - and soft-solids foods. *Journal of Texture Studies*, 42, 103-129.
- GUNASEKARAN, S., & Ak, M. 2003. Cheese Rheology and Texture. Boca Raton FL: CRC Press.
- GUTIÉRREZ-MÉNDEZ, N., & Nevarez-Moorillón, G. V. 2009. Chihuahua cheese: the history of a Mexican cheese. *Carnilac Industrial*, 24(5), 27-34.
- HYNES, E., Ogier, J.-C., & Delacroix-Buchet, A. 2000. Protocol for the manufacture of miniature washed-curd cheese under controlled microbiological conditions. *International Dairy Journal*, 10, 733-737.
- JEANSON, S., Berthier, F., Grappin, R., & Beuvier, E. 2003. Heat resistance of wild *Lactococcus lactis* strain under thermal gradient of cooked cheese, in milk and mini-cheeses. *Lait*, 83, 1-7.
- JOHNSON, M. E., Kapoor, R., McMahon, D. J., McCoy, D. R., & Norasimmon, R. G. 2009. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheese: scientific and technological aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8, 250-268.
- KIRK, R. S., Sawyer, R., & Egan, H. 2000. Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. México: Grupo Patria Cultural S.A. de C.V.
- LUCEY, J. A., Johnson, M. E., & Horne, D. S. 2003. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 2725-2743.
- MILESI, M. M., Candiotti, M., & Hynes, E. 2007. Mini soft cheese as a simple model for biochemical studies on cheese-making and ripening. *LWT*, 40, 1427-1433.
- PONS, M., & Fiszman, S. M. 1996. Instrumental texture profile analysis with particular referente to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27, 597-624.
- PSZCZOLA, D. E. 2006. Choosing cheese ingredients. *Food Technology*, 12, 68-76.
- SALLES, C., Dalmas, S., Septier, C., Issanchov, S., Noel, Y., Etievant, P., & Lequere, J. L. 1995. Production of cheese model for sensory evaluation of flavour compounds. *Lait*, 75, 535-549.
- SHAKEEL-UR-REHMAN, Fox, P., McSweeney, P. L., Madkor, S. A., & Farkye, N. Y. 2001. Alternatives to pilot plant experiments in cheese-ripening studies. *International Journal of Dairy Technology*, 54, 121-126.
- SHAKEEL-UR-REHMAN, McSweeney, P. L., & Fox, P. E. 1998. Protocol for the manufacture of miniature cheeses. *Lait*, 78, 607-620.
- SHAKEEL-UR-REHMAN, Pripp, A. H., McSweeney, P. L., & Fox, P. 1999. Assessing the proteolytic and cheese ripening properties of single strains of *Lactococcus* in miniature cheeses. *Lait*, 79, 361-383.
- TUNICK, M. H., VanHekken, D. L., Call, J., Molina-Corral, F. J., & Gardea, A. A. 2007. Queso Chihuahua: effects of seasonality of cheese milk on rheology. *International Journal of Dairy Technology*, 60, 13-20.
- TUNICK, M. H., VanHekken, D. L., Molina-Corral, F. J., Tomasula, P. M., Call, J., Luchansky, J., & Gardea, A. A. 2008. Chihuahua cheese: manufacturing procedures, composition, protein profiles, and microbiology. *International Journal of Dairy Technology*, 61, 62-69.
- VANHEKKEN, D., & Farkye, N. Y. 2003. Hispanic cheese: the request for Queso. *Food Technology*, 57, 32-38.
- WALSTRA, P., Wouters, J. T. M., & Geurst, T. M. 2006. Dairy Science and Technology. Boca Raton FL: CRC press. 

---

Cite this article as follows:

Gutiérrez-Méndez, N., N. Trancoso-Reyes y M. Yarely Leal-Ramos. 2013: *Texture profile analysis of Fresh cheese and Chihuahua cheese using miniature cheese models*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(2): 65-74.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**NÉSTOR GUTIÉRREZ MÉNDEZ.** Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), con maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y doctorado en Ciencia de los Alimentos por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). Actualmente se desempeña como profesor investigador en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Participa en los programas de licenciatura y en el posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Ha sido ganador en dos ocasiones del Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Actualmente miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

**NALLELI TRANCOSO REYES.** Terminó su licenciatura en 2009, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Durango (ITD). Realizó su posgrado en la Facultad de Ciencias químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Tecnología de alimentos. Ha participado en 3 ponencias en congresos y ha sido reconocida con el premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos Coca-Cola 2011, en la categoría Profesional en Tecnología de Alimentos.

**MARTHA YARELY LEAL RAMOS.** Terminó su licenciatura en 2001, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Químico opción Alimentos por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Chihuahua, México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Tecnología de Alimentos en 2005 por la Universidad Autónoma de Chihuahua, y el grado de Doctor en Filosofía en el área de alimentos cárnicos en 2012 por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Desde 2010 labora en la Facultad de Ciencias Químicas de la UACH y posee la categoría de Académico titular B. Ha solicitado su ingreso al Sistema Nacional de Investigadores en 2013. Su área de especialización es sobre tecnologías emergentes para el procesamiento de alimentos, entre ellos la carne.

# Biocontrol con levaduras de *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea* en manzana Golden Delicious

## Biocontrol with yeasts of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* in Golden Delicious apples

VÍCTOR MANUEL GUERRERO-PRIETO<sup>1,2,4</sup>, DAVID IGNACIO BERLANGA-REYES<sup>1</sup>  
Y DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA-BARRIOS<sup>3</sup>

Recibido: Julio 4, 2012

Aceptado: Octubre 22, 2012

### Resumen

Los hongos *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea* son los principales patógenos causantes de las pérdidas poscosecha en manzanas producidas en Chihuahua, México. Para el control de estos patógenos generalmente se utilizan fungicidas sintéticos. Para evitar la acumulación de residuos químicos sobre los frutos y la generación de resistencia en el patógeno como consecuencia del uso intensivo de los fungicidas sintéticos, el control biológico es cada vez es más utilizado como estrategia alternativa para el control de diversos fitopatógenos. En este estudio se evaluó la eficiencia como agentes de biocontrol de las levaduras nativas de la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México: *Rhodotorula glutinis*, *R. mucilaginosa*, y dos cepas de *Candida oleophila* (L-06 y L07), sobre *P. expansum* y de *B. cinerea* inoculados en manzanas Golden Delicious. Se evaluaron también las levaduras *Cryptococcus flavus*, *C. albidus* y *C. laurentii*. Solamente las cepas nativas de *C. oleophila*, L-06 y L-07 redujeron la severidad de las lesiones provocadas por *P. expansum* en un 77 y 69%, respectivamente; mientras que *R. mucilaginosa* redujo la severidad en un 21%. Las cepas L-07 y L-06 de *C. oleophila*, fueron las más eficientes para el control de *B. cinerea* con reducciones del daño en 73 y 57%, respectivamente. *C. flavus*, *C. albidus* y *R. mucilaginosa*, aunque en menor grado que *C. oleophila*, también redujeron la severidad de las lesiones causadas por *B. cinerea*. Las cepas nativas de *C. oleophila* tienen gran potencial para el biocontrol de *P. expansum* y *B. cinerea* en manzana en poscosecha.

**Palabras clave:** *Candida oleophila*, *Rhodotorula* spp., *Cryptococcus* spp., poscosecha.

### Abstract

*Penicillium expansum* Link and *Botrytis cinerea* are among the most common pathogens causing postharvest losses in apples produced in Chihuahua, Mexico. Synthetic fungicides are still commonly used to control rots caused by these fungi on apples, although most *Penicillium* and *Botrytis* species have developed resistance to most of the fungicides that are used for their control. An alternative to the use of chemical control is the use of microorganisms that are capable of controlling phytopathogenic fungi and avoiding the chemical residues on the fruit. Efficiency as biocontrol agents of the following yeast native to the region of Cuauhtémoc, Mexico was evaluated: *Rhodotorula glutinis*, *R. mucilaginosa*, and two *Candida oleophila* strains (L-06 y L07), to biocontrol *P. expansum* and *B. cinerea*, on Golden Delicious apples. *Cryptococcus flavus*, *C. albidus* and *C. laurentii* were also evaluated. Only native strains *Candida oleophila* L-06 and L-07 reduced the severity of lesions caused by *P. expansum* by 77 and 69%, respectively; while *R. mucilaginosa* reduced lesion severity to 21%. L-07 and L-06 *C. oleophila* strains were the most efficient to control *B. cinerea* with damage reduction of 73 and 57%, respectively. *Cryptococcus flavus*, *C. albidus* and *R. mucilaginosa*, although less than *C. oleophila*, also reduced lesion severity caused by *B. cinerea*. *C. oleophila* native strains have a great potential for biocontrol *P. expansum* and *B. cinerea* on postharvest apples.

**Keywords:** *Candida oleophila*, *Rhodotorula* spp., *Cryptococcus* spp., postharvest

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N Parque Industrial. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

<sup>2</sup> Adscripción actual del autor de correspondencia: Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Extensión Cuauhtémoc, Chih. Av. Presa de La Amistad # 2015, Cuauhtémoc, Chih. C. P. 31510 Tel. 01(625)581-06-47

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Escorza 900. Chihuahua, Chih. 31000. México.

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: vguerrero@uach.mx.

**E**l estado de Chihuahua aporta el 70% de la producción nacional de manzana (*Malus x domestica* Borkh; SIAP, 2010). Se ha reportado que las pérdidas poscosecha en productos perecederos como la manzana, pueden llegar hasta el 50% de la cosecha en los países en desarrollo y que aún con el uso de tecnologías avanzadas de conservación y manejo, las pérdidas son considerables (Eckert y Ogawa, 1985).

Los fitopatógenos más comunes en manzana en poscosecha son *P. expansum* y *B. cinerea* (Mari *et al.*, 2003; Gholamnejad *et al.*, 2010). Para el control de estos patógenos se utilizan fungicidas sintéticos. Debido al impacto negativo de los fungicidas sintéticos en la salud pública y en el medio ambiente, además de la resistencia que generan en el patógeno, se ha disminuido el uso de tales compuestos. (Mari *et al.*, 2003; Föster *et al.*, 2007; Myresiotis *et al.*, 2007; Sánchez-Ventura *et al.*, 2008). Como una alternativa en los últimos 25 años, se ha evaluado la eficiencia de diferentes microorganismos, incluyendo levaduras, para controlar biológicamente a *P. expansum* y *B. cinerea* (Leibinger *et al.*, 1997; Janisiewicz y Korsten, 2002; Mari *et al.*, 2003; Benítez-Ahrendts y Carrillo, 2004; Bencheqroun *et al.*, 2007; Hernández-Lauzardo *et al.*, 2007; Droby *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2009; Xu *et al.*, 2010). Las levaduras poseen características que las sitúan, dentro de los microorganismos, con gran potencial para su uso como agentes de control biológico, ya que: a) colonizan la superficie vegetal por largos periodos de tiempo, aún bajo condiciones secas; b) producen polisacáridos extracelulares que inhiben el crecimiento de patógenos; c) se reproducen y consumen nutrimentos rápidamente; y d) son microorganismos menos afectados por los plaguicidas (El-Ghaouth *et al.*, 1998; Droby *et al.*, 2002; Castoria *et al.*, 2003; El-Ghaouth *et al.*, 2003; Scherm *et al.*, 2003; Droby *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos en el biocontrol son variables y dependen de factores como: antagonista utilizado, hospedero, patógeno, condiciones climáticas, pH, temperatura y concentración de gases cuando los experimentos se realizan en atmósferas controladas (Conway *et al.*, 2007; Hernández-

Lauzardo *et al.*, 2007). La superficie de los frutos, en campo o en almacenamiento, es una excelente fuente de microorganismos nativos antagonistas a fitopatógenos en poscosecha (Janisiewicz y Korsten, 2002; Guerrero-Prieto *et al.*, 2004; Guerrero-Prieto *et al.*, 2011). Se tiene mayor probabilidad de éxito en el biocontrol si se utilizan organismos nativos de la región donde van a ser utilizados como agentes de biocontrol (Harman *et al.*, 2010). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de cuatro levaduras nativas aisladas de la región de Cuauhtémoc, Chihuahua (Guerrero-Prieto *et al.*, 2004) y de levaduras previamente aisladas y evaluadas por otros grupos de trabajo, como agentes de biocontrol de *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea*, en manzanas *Golden Delicious* en poscosecha.

Para la evaluación de las levaduras en el biocontrol de los dos hongos fitopatógenos evaluados, los trabajos se llevaron a cabo en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua en el año 2005. Las levaduras regionales evaluadas fueron: *Rhodotorula glutinis*, *R. mucilaginosa* y las cepas L06 y L07 de *Candida oleophila*. Se incluyeron también las levaduras ya evaluadas como agentes de control biológico *Cryptococcus flavus* (RGR 89.052), *Cryptococcus albidus* (RGR 80.0055) y *Cryptococcus laurentii* (RGR 87.0108), proporcionadas por el Dr. Rodney Roberts del Laboratorio de Investigación Frutícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA-ARS, Wenatchee, WA, EUA). Los patógenos utilizados fueron: a) *Penicillium expansum* Link., y b) *Botrytis cinerea* Pers., los cuales fueron proporcionados por el Dr. Robert Spotts, de la Estación Agrícola Experimental «Mid-Columbia» en Hood River, Oregon, EUA.

El inóculo de cada uno de los hongos patógenos se obtuvo de un cultivo de ocho días en agar, papa y dextrosa (PDA); y el de las levaduras de un cultivo de tres días en medio NYDA (caldo nutritivo, 8 g·L<sup>-1</sup>, extracto de levadura, 5 g·L<sup>-1</sup>, dextrosa, 10 g·L<sup>-1</sup> y agar, 15 g·L<sup>-1</sup>).

Para la evaluación *in vivo* se utilizaron manzanas cv. *Golden Delicious* con cinco meses de almacenamiento convencional a 0 °C y 90% de humedad relativa. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. En cada manzana, se perforó un pozo de ocho milímetros de diámetro y una profundidad de 10 mm. Por separado, en cada pozo se inocularon 200 µL de una suspensión de 1 x 10<sup>12</sup> UFC·mL<sup>-1</sup> de cada una de las levaduras; transcurridos 30 min, los pozos se re inocularon con 200 µL de una suspensión de 1 x 10<sup>8</sup> conidios·mL<sup>-1</sup> de *P. expansum* Link. o de *B. cinerea* Pers., según cada caso. Como tratamientos testigo, frutos de manzana *Golden Delicious* fueron inoculados con cada levadura por separado, con cada uno de los patógenos por separado o con agua estéril. El total de tratamientos fue de 20 con 4 repeticiones por tratamiento. Los pozos en las frutas fueron sellados con parafina y los frutos llevados a una cámara de refrigeración convencional en un frigorífico comercial para su almacenamiento durante un mes a 0 °C y una humedad relativa de 90%. Transcurrido el periodo de almacenamiento; la evaluación del daño provocado por los hongos, se realizó midiendo el diámetro de la lesión ocasionada por el patógeno en cada tratamiento. Los resultados se expresaron también como reducción de la magnitud de la lesión con respecto a la lesión observada en los frutos inoculados solamente con el patógeno, al cual se le consideró como un 100% de daño.

Los datos se analizaron mediante un ANOVA, bajo un diseño completamente al azar. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey (P=0.05). Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System 6.12).

Los resultados obtenidos en esta evaluación, son los siguientes.

#### *Penicillium expansum*.

Las cepas L-07 y L-06 de *Candida oleophila* redujeron en un 69 y 77% respectivamente, la severidad de la lesión causada por el patógeno *Penicillium expansum*. *Rhodotorula mucilaginosa* también redujo la magnitud de la lesión en un 21% (Cuadro 1). Se ha reportado para *Candida sake* una satisfactoria capacidad de sobrevivencia sobre manzanas y en condiciones de campo, lo que le da ventaja para mantener o incrementar su población y proteger a la fruta por un tiempo mayor contra el ataque de patógenos (Sharma *et al.*, 2009). Tanto *C. oleophila* como *C. saitoana* inducen a una resistencia sistémica, incrementando la actividad de quitinasas y β-1,3-glucanasas en tejido de manzanas (El Ghaouth *et al.*, 2003; Tamayo-Urbina, 2011) y de toronjas (Droby *et al.*, 2002).

Las tres especies de *Cryptococcus* y *Rhodotorula glutinis* (cepa L-05) no inhibieron el crecimiento de *P. expansum* (Cuadro 1). Resultados similares reportaron Janisiewicz *et al.* (2008), quienes para obtener resultados satisfactorios en el control de *P. expansum* combinaron *C. laurentii* y *Metschnikowia pulcherrima*. Conway *et al.*, (2005) demostraron que *C. laurentii* es eficiente en controlar el desarrollo de *P. expansum* al inocularla mezclada con el patógeno. Calvo *et al.* (2007) encontraron que para inhibir la germinación de las esporas tanto de *P. expansum* como de *B. cinerea*, se requiere de un contacto directo del organismo de biocontrol con el patógeno.

Los frutos inoculados solo con las levaduras mostraron daños de entre 2 y 10% con relación al daño observado en los frutos tratados solo con el patógeno. El daño observado en los frutos inoculados solo con la levadura pudo ser el resultado del daño causado al perforar los pozos para los tratamientos, y no necesariamente por un efecto patogénico de la levadura.

**Cuadro 1.** Reducción del daño provocado por *Penicillium expansum*, al ser incubado con diferentes levaduras en manzanas *Golden Delicious* en poscosecha.

Tratamiento	Diámetro de la lesión (mm)	Magnitud de la lesión (%) <sup>y</sup>	Reducción del daño (%)
<i>P. expansum</i> vs <i>C. laurentii</i>	40.4 a <sup>z</sup>	118.1	-18.1
<i>P. expansum</i> vs <i>C. albidus</i>	36 b	105.3	-5.3
<i>P. expansum</i>	34.2 bc	100.0	0.0
<i>P. expansum</i> vs <i>R. glutinis</i> (L-05)	32.4 bc	94.7	5.3
<i>P. expansum</i> vs <i>C. flavus</i>	31.4 c	91.8	8.2
<i>P. expansum</i> vs <i>R. mucilaginosa</i>	26.8 d	78.4	21.6
<i>P. expansum</i> vs <i>C. oleophila</i> (L-07)	10.6 e	31.0	69.0
<i>P. expansum</i> vs <i>C. oleophila</i> (L-06)	7.8 e	22.8	77.2
Agua estéril	3.8 f	11.1	
<i>C. laurentii</i>	3.6 f	10.5	
<i>C. oleophila</i> (L-07)	2.6 f	7.6	
<i>C. oleophila</i> (L-06)	1.6 f	4.7	
<i>R. glutinis</i> (L-05)	1.4 f	4.1	
<i>C. albidus</i>	1.0 f	2.9	
<i>C. flavus</i>	1.0 f	2.9	
<i>R. mucilaginosa</i>	0.8 f	2.3	

<sup>z</sup> Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes. Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>y</sup> El daño y reducción del mismo, son expresados en %, asignando un 100% de daño al provocado por *P. expansum*.

### *Botrytis cinerea*.

Nuevamente, las cepas L06 y L07 de *Candida oleophila* mostraron el mayor control del daño provocado por *B. cinerea*, con reducciones de 57 y 73%, respectivamente (Cuadro 2). *Cryptococcus flavus*, *C. albidus* y *Rhodotorula mucilaginosa* presentaron un grado menor de control de *B. cinerea*, reduciendo el daño en un 19, 24 y 26%, respectivamente. El mayor control del daño obtenido con las dos cepas de *C. oleophila*, puede deberse a los diversos modos de acción que han sido reportados para esa levadura, como son el estímulo en la producción de fitoalexinas por parte del tejido del fruto (Arras, 1996), la competencia por espacio y nutrientes (Mari *et al.*, 2003; Guerrero-Prieto *et al.*, 2011) y la producción de  $\beta$ -1,3, glucanasa (Tamayo-Urbina, 2011), entre otros.

No se observó efecto antagónico de *C. laurentii* sobre el desarrollo *B. cinerea* (Cuadro 2); lo cual es contrario a lo reportado por Roberts (1990), quien encontró una inhibición del desarrollo de *B. cinerea* mediante la inoculación con *C. laurentii* en manzanas 'Golden Delicious'

a temperaturas de 5, 10, 15 y 20 °C, que son temperaturas más altas a la utilizada en este estudio, (0 °C). Dicho factor pudiera sugerir una reducida adaptación y desarrollo de *C. laurentii* en dicha temperatura. .

El porcentaje de control logrado por las cepas regionales de *C. oleophila* sobre *P. expansum* y *B. cinerea*, indica un control significativo de los patógenos evaluados.

**Cuadro 2.** Reducción del daño provocado por *Botrytis cinerea*, al ser incubado con diferentes levaduras en manzanas *Golden Delicious* en poscosecha.

Tratamiento	Diámetro de la lesión (mm)	Magnitud de la lesión (%) <sup>y</sup>	Reducción del daño (%)
<i>B. cinerea</i> vs <i>R. glutinis</i> (L-05)	57.0 a <sup>z</sup>	100.7	-0.7
<i>B. cinerea</i>	56.6 ab	100.0	0.0
<i>B. cinerea</i> vs <i>C. laurentii</i>	56.6 ab	95.4	4.6
<i>B. cinerea</i> vs <i>C. flavus</i>	45.8 c	80.9	19.1
<i>B. cinerea</i> vs <i>C. albidus</i>	43.0 cd	76.0	24.0
<i>B. cinerea</i> vs <i>R. mucilaginosa</i>	41.4 d	73.1	26.9
<i>B. cinerea</i> vs <i>C. oleophila</i> (L-06)	24.2 e	42.8	57.2
<i>B. cinerea</i> vs <i>C. oleophila</i> (L-07)	14.8 f	26.1	73.9
<i>C. oleophila</i> (L-06)	1.6 g	2.8	
<i>R. glutinis</i> (L-05)	1.4 g	2.5	
<i>C. laurentii</i>	1.4 g	2.5	
Agua estéril	1.4 g	2.5	
<i>C. albidus</i>	1.4 g	2.5	
<i>C. oleophila</i> (L-07)	1.2 g	2.1	
<i>C. flavus</i>	1.0 g	1.8	
<i>R. mucilaginosa</i>	0.6 g	1.1	

<sup>z</sup> Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes. Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>y</sup> El daño y reducción del mismo, son expresados en %, asignando un 100% de daño al provocado por *B. cinerea*.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten emitir las siguientes conclusiones: Las cepas de *C. oleophila*, L-06 y L-07 redujeron el daño por *P. expansum* en un 77 y 69%, respectivamente. *R. mucilaginosa* redujo la severidad en un 21%. Las cepas de *C. oleophila* L-07 y L-06 redujeron el daño de *B. cinerea* en 73 y 57%, respectivamente. *C. flavus*, *C. albidus* y *R. mucilaginosa*, también redujeron el daño causado por *B. cinerea*. Las cepas nativas de *C. oleophila* tienen gran potencial para el biocontrol de *P. expansum* y *B. cinerea* en manzana en poscosecha.

## Bibliografía

- ARRAS, G. 1996. Mode of action of an isolate of *Candida famata* in biological control of *penicillium digitatum* in orange fruits. *Postharvest Biology and Technology* 8(3):191-198.
- BENCHEQROUN, S.K., Bajji, M., Massart, S., Labhilili, M., Jaafari, S.E., and Jijakli, M.H. 2007. *In vitro* and *in situ* study of postharvest apple blue mold biocontrol by *Aureobasidium pullulans*: Evidence for the involvement of competition for nutrients. *Postharvest Biology and Technology* 46(2):128-135.
- BENÍTEZ-AHRENDTS, M.R., y Carrillo, L. 2004. Levaduras inhibidoras de *Penicillium*. *Revista Argentina de Microbiología* 36:182-186.
- CALVO, J., Calvente V., De Orellano, M.E., Benutzzi, D., and Sanz de Tosesti, M.I. 2007. Biological control of postharvest spoilage caused by *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* in apple by using the bacterium *Rahnella aquatilis*. *International Journal of Food Microbiology* 113:251-257.
- CASTORIA, R., Caputo, L., De Curtis, F., and De Cicco, V. 2003. Resistance of postharvest biocontrol yeasts to oxidative stress: a possible new mechanism of action. *Phytopathology* 93(5):564-572.
- CONWAY, W.S., Janisiewicz, W.J., Leverentz, B., Saftner, R.A., and Camp, M.J. 2007. Control of blue mold of apple by combining controlled atmosphere, an antagonist mixture, and sodium bicarbonate. *Postharvest Biology and Technology* 45(3):326-332.
- CONWAY, W.S., Leverentz, B., Janisiewicz, W.J., Saftner, R.A., and Camp, M.J. 2005. Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 36:235-244.
- DROBY, S., Vinokur, V., Weiss, B., Cohen, L., Daus, A., Goldschmidt, E. E., and Porat, R. 2002. Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in grapefruit by the yeast biocontrol agent *Candida oleophila*. *Phytopathology* 92(4):393-399.
- DROBY, S., Wisniewski, M., Macarasin, D., Wilson, C., 2009. Twenty years of postharvest biocontrol research: Is it time for a new paradigm? *Postharvest Biology and Technology* 52, 137-145.
- ECKERT, J.W., and Ogawa, J.M. 1985. The chemical control of postharvest diseases: subtropical and tropical fruits. *Annu. Rev. Phytopathology* 23:421-454.
- EL-GHAOUTH, A.E., Wilson, C.L., and Wisniewski, M. 1998. Ultrastructural and cytochemical aspects of the biological control of *Botrytis cinerea* by *Candida saitoana* in apple fruit. *Phytopathology* 88(4):282-291.
- EL-GHAOUTH, A.E., Wilson, C.L., and Wisniewski, M. 2003. Control of postharvest decay of apple fruit with *Candida saitoana* and induction of defense responses. *Phytopathology* 93(3):344-348.
- FÖRSTER, H., Driever, G.F., Thompson, D.C. and Adaskaveg, J.E. 2007. Postharvest decay management for stone fruit crops in California using the «reduced risk» fungicides fludioxonil and fenhexamid. *Plant Dis.* 91:209-215.
- GHOLAMNEJAD, J., Etebarian, H.R., and Sahebani, N. 2010. Biological control of apple blue mold with *Candida membranifaciens* and *Rhodotorula mucilaginosa*. *African Journal of Food Science* 4(1):001-007.
- GUERRERO-PRIETO, V.M., Trevizo-Enríquez, M.G.; Gardea-Béjar, A.A.; Figueroa-Valenzuela, C.; Romo-Chacón, A.; Blanco-Pérez, A.C.; y Curry, E. 2004. Identificación de levaduras epifitas obtenidas de manzana [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] para control biológico poscosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22(2):223-230.
- GUERRERO-PRIETO, V. M.; Blanco-Pérez, A. C.; Guigón-Lypez, C.; Tamayo-Urbina, C. J.; Molina-Corral, F. J.; Berlanga-Reyes, D. I.; Carvajal-Millán, E. y Ávila-Quezada, G. D. 2011. Competencia por Nutrientes; Modo de Acción de *Candida oleophila* Contra *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 29:90-97.
- HARMAN, G.E., Obregón, M.A., Samuels, G.J., and Lorito, M. 2010. Changing models for commercialization and implementation of biocontrol in the developing and the developed world. *Plant Disease* 94(8):928-939.
- HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A.N., Bautista-Baños, S., Velásquez-Del Valle, M.G., y Hernández-Rodríguez, A. 2007. Uso de microorganismos antagonistas en el control de enfermedades poscosecha en frutos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25(1):66-74.
- JANISIEWICZ, W.J., and Korsten, L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annual Review of Phytopathology* 40:411-441.
- JANISIEWICZ, W.J., Saftner, R.A., Conway, W.S., and Yoder, K.S. 2008. Control of blue mold decay of apple during commercial controlled atmosphere storage with yeast antagonists and sodium bicarbonate. *Postharvest Biology and Technology* 49:374-378.
- LEIBINGER, W., Breuker, B., Hahn, M., and Mendgen, K. 1997. Control of postharvest pathogens and colonization of the apple surface by antagonistic microorganisms in the field. *Phytopathology* 87(11): 1103-1110.
- MARI, M., Bertolini, P., and Pratella, G.C. 2003. Non-conventional methods for the control of post-harvest pear diseases. *Journal of Applied Microbiology* 94:761-766.
- MYRESIOTIS, C.K., Karaoglanidis, G.S., and Tzavella-Klonari, K. 2007. Resistance of *Botrytis cinerea* isolates from vegetable crops to anilinopyrimidine, phenylpyrrole, hydroxyanilide, benzimidazole, and dicarboximide fungicides. *Plant Disease* 91:407-413.
- ROBERTS, R.G. 1990. Postharvest biological control of gray mold of apple by *Cryptococcus laurentii*. *Phytopathology* 80:526-530.
- SÁNCHEZ-VENTURA, S.E., Martínez-Peniche, R.A., Castillo-Tovar, J., y Fernández-Escartín, E. 2008. Antagonismo de levaduras nativas contra la pudrición azul (*Penicillium expansum* Link) en frutos de manzana. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(4):359-366.
- SCHERM, B., Ortu, G., Muzzu, M., Budroni, M., Arras, G., and Migheli, Q. 2003. Biocontrol activity of antagonistic yeasts against *Penicillium expansum* on apple. *Journal of Plant Pathology* 85(3):205-213.
- SHARMA, R. R., Singh, D., and Singh, R. 2009. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. *Biological Control* 50:205-221.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>. (Junio, 2012).
- TAMAYO-URBINA, C. J. 2011. Purificación y caracterización de  $\beta$  1, 3 glucanasa producida por *Candida oleophila* para el biocontrol de *Penicillium expansum*. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. 98 páginas.
- XU, X.M., Salama, N., Jeffries P., and Jeger, M.J. 2010. Numerical studies of biocontrol efficacies of foliar plant pathogens in relation to the characteristics of a biocontrol agent. *Phytopathology* 100(8):814-821. 

Este artículo es citado así:

Guerrero-Prieto, V. M., D. I. Berlanga-Reyes y D. L. Ojeda-Barríos. 2013: *Biocontrol con levaduras de Penicillium expansum y Botrytis cinerea en manzana Golden Delicious*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(2): 75-80.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**VÍCTOR MANUEL GUERRERO PRIETO.** Terminó su licenciatura en 1975, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Fruticultor por la ahora Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH. Realizó su posgrado en la Oregon State University en Corvallis, OR. EUA, donde obtuvo el grado de Master of Science en Horticultura en 1984 y el grado de Doctor en Ciencias en Agronomía por la New Mexico State University en Las Cruces, N. M. EUA en 1995. Desde el año 2011, se reincorporó a la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas en el Campus Cuauhtémoc, Chih. Posee la categoría de Profesor-Investigador ATA. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 a 1990 (Candidato a Investigador Nacional) y actualmente es Investigador Nacional Nivel I, desde el 2002. Su área de especialización es la fisiología vegetal y de poscosecha, así como el control biológico de enfermedades poscosecha utilizando microorganismos. Ha dirigido 16 tesis de licenciatura, 10 de maestría y 6 de doctorado. Es autor de 39 artículos científicos, más de 60 ponencias en congresos, 2 libros y 2 capítulos de libro científicos; además ha impartido 9 conferencias por invitación y ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador RCEA de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales), Fundación Produce Chihuahua y es revisor del seguimiento de los Fondos sectoriales SAGARPA-CONACYT Y DEL CyTED, Madrid, España. Es árbitro de 9 revistas científicas de circulación nacional e internacional.

**DAVID IGNACIO BERLANGA REYES.** Terminó su licenciatura en 1992 en la Facultad de Fruticultura, hoy Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó un posgrado en el Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Edo. de México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias especialista en fruticultura en el año de 1996. De 1996 a 2003 se desempeñó como asesor de producción en huertos comerciales de manzana. Del 2003 a la fecha labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC con el puesto de Técnico Titular "B". Catedrático en la Facultad de Ciencia Agrotecnológicas. Especialista en Fisiología y Nutrición Vegetal y Fisiología Poscosecha. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura. Es autor o coautor de 15 artículos científicos. Participado en 15 Congresos Nacionales e Internacionales. Ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

**DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS.** Maestra-Investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo su doctorado y maestría en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", su licenciatura en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente conduce investigaciones sobre desórdenes nutricionales en frutales caducifolios. Imparte los cursos de Nutrición Vegetal, Fisiología Vegetal y Anatomía Vegetal. Es asesora de estudiantes de posgrado y licenciatura. Ha participado como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales y en publicaciones de artículos científicos y de divulgación como autora y coautora. Es responsable del Área de Fisiología y Nutrición Vegetal con Énfasis en Frutales Caducifolios en los cultivos de manzano y nogal pecanero, en el Laboratorio de Bioquímica Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-UACH.

# Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

## Influence of different organic substrates on earthworm (*Eisenia foetida*)

CARLOS LÓPEZ-MÉNDEZ<sup>1</sup>, REY DAVID RUELAS-AYALA<sup>1</sup>, ROSARIO RAUDEL SAÑUDO-TORRES<sup>1</sup>,  
CELSO ARMENTA-LOPEZ<sup>1</sup> Y JAIME ALBERTO FÉLIX-HERRÁN<sup>1,2</sup>

Recibido: Marzo 5, 2013

Aceptado: Agosto 8, 2013

### Resumen

La lombricultura aprovecha los residuos orgánicos para obtener productos como el humus, que puede ser usado como fertilizante agrícola o como abono en jardines o huertos familiares. Esta técnica ha tomado gran importancia como una solución más a los problemas de contaminación por residuos orgánicos. El objetivo fue evaluar la influencia de tres diferentes sustratos orgánicos en la adaptación, producción de lombricompost y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Se estudiaron tres mezclas: rastrojo de frijol + estiércol de bovino (T<sub>1</sub>), aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche (T<sub>2</sub>) y aserrín + estiércol de bovino (T<sub>3</sub>). Cada mezcla por triplicado fue precompostada por 15 días. Terminado este proceso se inició la prueba de aceptación del sustrato o «P50L», que duró 60 días. Al terminar la prueba, se cosecharon los cocones totales y se cuantificaron las lombrices sobrevivientes. Las mezclas de residuos orgánicos se analizaron al momento de iniciar la prueba de la caja, y a los 60 días de haber inoculado las lombrices con la finalidad de analizar sus propiedades físicas, químicas y orgánicas. Los resultados fueron analizados en el paquete estadístico SAS versión 9.0 mediante un diseño completamente al azar y la comparación de medias fue realizada mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey (p < 0.05). El T<sub>2</sub>: aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche presentó las mejores características para la adaptación, reproducción de la lombriz roja californiana, así como la mejor calidad del humus en función del contenido de nutrimentos.

**Palabras clave:** adaptación, reproducción, lombricompost, prueba de aceptación P50L.

### Abstract

The vermiculture use organic wastes to obtain products such humus, which can be used as fertilizer in agriculture, or as compost in gardens or vegetable gardens. This technique has become very important as a solution for pollution problems by organic waste. The aim was to evaluate the influence of three different organic substrates in the adaptation, production of vermicomposting and reproduction of earthworms (*Eisenia foetida*). Three mixtures were studied: soybean stubble plus cow manure (T<sub>1</sub>), sawdust plus cow manure and inoculum of sawdust-molasses-lactobacilli of whey (T<sub>2</sub>) and sawdust plus cow manure (T<sub>3</sub>). Each mixture by triplicate was previously composted for 15 days. Finished this process was initiated the acceptance testing or «P50L», which lasted 60 days. After the test, total cocoons were harvested and quantified surviving earthworms. The organic waste mixtures were analyzed at the time of starting the box test, and 60 days after inoculation of earthworms in order to analyze their physical, chemical and organic properties. The results were analyzed in SAS version 9.0 by using a completely randomized design and Comparison of means was performed by the multiple range test of Tukey (p < 0.05). The T<sub>2</sub>: sawdust plus cow manure and inoculum of sawdust-molasses-lactobacilli of whey showed the best features for adaptation, reproduction of earthworms, as well as the best quality of humus in terms of nutrient content.

**Keywords:** adaptation, reproduction, lombricompost, acceptance test P50L.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Indígena de México. Calle Benito Juárez #39, Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa. C.P. 81890.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: jfelixherran@yahoo.com.mx.

**A**ctualmente, todos los sectores productivos generan grandes cantidades de residuos orgánicos, como las excretas de animales, los residuos agrícolas, residuos industriales, residuos humanos y lodos residuales. En algunos casos, estos residuos tienen alguna aplicación, pero en la mayoría de los casos no son reutilizados, sino simplemente quemados o arrojados a los basureros, ríos, lagos y océanos sin ningún tratamiento previo; todo esto genera un impacto negativo al ambiente (Oei, 2003).

Una de las alternativas para el tratamiento de estos residuos, es emplearlos como sustratos para criar lombrices, y de esta manera, contribuir a mitigar la contaminación (Pattnaik y Reddy, 2009; Félix-Herrán *et al.*, 2010; Gheisari *et al.*, 2010; Pramanik y Chung, 2010). Este proceso no solo elimina al desecho, sino que del mismo modo se pueden generar ingresos, debido a que la lombriz es utilizada como alimento en la avicultura y piscicultura. Además se puede producir un material útil como abono que pueda ser empleado en los cultivos, huertos familiares o en los jardines de las comunidades rurales y urbanas (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008; Cruz-Lázaro *et al.*, 2010; Hatti *et al.*, 2010).

La lombricultura es una tecnología que utiliza una especie de lombriz domesticada para transformar todo tipo de material orgánico en humus, carne y harina de lombriz, como productos finales (Morales-Munguía, 2009). En general, se conocen alrededor de 3000 especies de lombrices, sin embargo, la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es de las más usadas en la lombricultura debido a su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, alta tasa de crecimiento, alta eficiencia productiva y a su fácil manejo (Guadarrama y Taboada, 2004; Gheisari *et al.*, 2010). En los últimos años, esta técnica ha tomado gran importancia como una solución más a los problemas de los residuos orgánicos, y en base a esto han surgido trabajos encaminados a estudiar el efecto de diferentes tipos de residuos orgánicos en el desarrollo de la lombriz y en la producción de lombricompost. Entre estos residuos se encuentran los desechos de animales como las excretas vacunas, gallinaza, porcínaza y equínaza (Morales-

Munguía, 2009); los sólidos municipales y residuos domésticos (Duran y Henríquez, 2009; Gheisari *et al.*, 2010); los residuos agroforestales como la broza de café, residuos de banano, restos de follaje ornamentales, aserrín y residuos de pastos (Duran y Henríquez, 2009; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2009). Debido a esta gran diversidad de materia orgánica que se genera y que puede emplearse como sustrato, es de esperarse que haya variación en las propiedades del humus y en el desarrollo y reproducción de la lombriz, por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia de tres diferentes sustratos orgánicos en la adaptación, producción de lombricompost y reproducción de la lombriz roja californiana.

## Materiales y Métodos

### *Precompostaje de la materia orgánica.*

Se evaluaron tres mezclas de sustratos: 1) rastrojo de frijol (planta y vaina secas) con estiércol de bovino (1:1 p/p), con una relación C/N de 29.37/1; 2) aserrín con estiércol de bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche (1:1:0.5 p/p), con una relación C/N de 130.20/1; y 3) aserrín con estiércol de bovino (1:1 p/p), con una relación C/N de 151.25/1. El inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche se preparó en un recipiente de 20 L mezclando melaza y aserrín en relación 1:1 v/v. Como fuente de microorganismos se agregaron 500 mL de suero de leche y 10 L de H<sub>2</sub>O. La mezcla se agitó manualmente y en el tapón del recipiente se le colocó el candado de fermentación (consiste en colocar una manguera de hule en un tapón horadado), dejándose en reposo por cinco días. Todas las mezclas de sustratos fueron sometidas a precompostaje por

15 días. Este consistió en formar camas de compostaje de 50 cm de altura por triplicado que fueron cubiertas con bolsas de plástico negro para reducir la pérdida de agua. El riego de las camas de compostaje fue cada tres días con la finalidad de mantener la capa externa húmeda y que la temperatura no sobrepasara los 50 °C. El registro de la temperatura inició al tercer día y los volteos fueron cada 15 días a través de traspaleos en forma manual (Cooperband, 2000).

#### *Prueba de aceptación del sustrato o «P50L».*

Consistió en colocar 50 lombrices adultas en un caja de madera de 61 x 36.7 x 34.5 cm de largo, ancho y alto respectivamente, con 20 kg de sustrato en peso seco precompostado. A los 60 días después de la inoculación se cuantificaron las lombrices y los cocones producidos (Schuldt *et al.*, 2005).

#### *Análisis del sustrato.*

El análisis fisicoquímico (Cuadro 1) de los sustratos se llevó a cabo en el laboratorio de suelos del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa). De cada sustrato se tomó 1 kg de muestra y se tamizó con una abertura de malla de > 5 mm. Una muestra se tomó al momento de iniciar la prueba de la caja, y una segunda a los 60 días de haber inoculado las lombrices. La acidez (pH) y la conductividad eléctrica (CE) en extracto de pasta saturada, relación 1:5 Suelo-Agua se determinaron con el método AS-02 (NOM-021-RECNAT-2000). Las mediciones de pH y CE se obtuvieron con un potenciómetro Orion Modelo 230A. El fósforo extractable total se obtuvo siguiendo el método AS-10 (NOM-021-RECNAT-2000), utilizando un espectrofotómetro Thermospectronic UV-Visible Genesys (NOM-021-RECNAT-2000). Los Cationes Intercambiables (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>) fueron realizadas mediante el método AS-12 (NOM-021-RECNAT-2000). La materia orgánica se basó en el método AS-07 (NOM-021-RECNAT-2000). Para los micronutrientos (Fe, Mn, Zn y Cu) se utilizó el método AS-14 (NOM-021-RECNAT-2000).

**Cuadro 1.** Análisis fisicoquímico de las tres mezclas de sustratos al inicio del experimento: T<sub>1</sub>) frijol con estiércol de bovino; T<sub>2</sub>) aserrín con estiércol de bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche; T<sub>3</sub>) aserrín con estiércol de bovino.

Variable analizada	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
pH	9.5	9.2	9.1
CE (mmhos·cm <sup>-1</sup> )	8.01	6.72	6.47
% MO	20.84	22.86	26.89
P Olsen (mg P kg de LB <sup>-1</sup> )	352.94	366.17	375.00
K (ppm)	8273	8797	9024
Ca (ppm)	1452	14228	14156
Mg (ppm)	605	650	700
Na (ppm)	1667	1610	1757
Fe (ppm)	20.33	13.33	13.66
Cu (ppm)	9.23	9.39	9.39
Zn (ppm)	3.47	2.52	3.79
Mn (ppm)	1.16	0.46	1.62

#### *Análisis estadístico.*

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS V 9.0 (2002), con un análisis de varianza (ANDEVA) y una comparación de medias con la prueba de rangos múltiples de Tukey a un nivel de significancia de 0.05; también se comprobaron los supuestos básicos de normalidad de los residuales con el estadístico de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Brown y Forsythe.

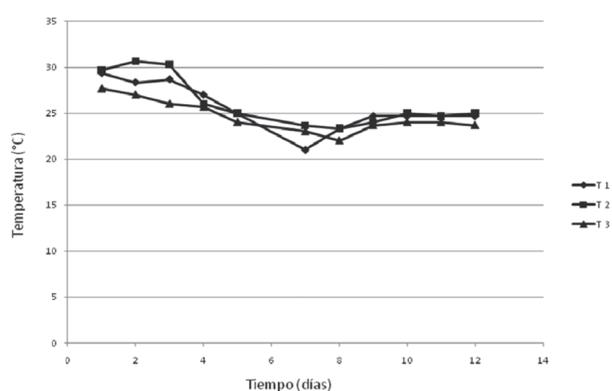
## Resultados y Discusión

### *Temperatura.*

Las temperaturas registradas durante el experimento oscilaron entre 21° y 30.6 °C. Sin embargo, según Barbado (2003) el rango óptimo de temperatura para el crecimiento y desarrollo de las lombrices oscila entre los 12° y 25 °C. Al iniciar el precompostaje, la temperatura de la mezcla T<sub>2</sub> subió hasta 30.6 °C (Figura 1),

producto de la descomposición bacteriana de los compuestos de fácil descomposición presentes en la mezcla (Eyhorn *et al.*, 2002), mientras que la mezcla T<sub>3</sub> presentó la temperatura más baja a lo largo del experimento debido a que no contenía melaza, que es rica en carbohidratos y minerales, un comportamiento similar se observó en T<sub>1</sub> (Rosales, 2000; Restrepo *et al.*, 2007).

**Figura 1.** Registro de temperaturas durante el precompostaje de las mezclas: T<sub>1</sub>) frijol con estiércol de bovino; T<sub>2</sub>) aserrín con estiércol de bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche; T<sub>3</sub>) aserrín con estiércol de bovino.



En el conteo de lombrices sobrevivientes no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, aun cuando la mezcla T<sub>2</sub> presentó la mayor sobrevivencia de lombrices (Cuadro 2). La mortandad de lombrices en la mezcla T<sub>1</sub> fue mayor al 10%, mientras que en las otras dos mezclas la mortandad fue menor al 10%. Esto debido a que en las mezclas T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> las condiciones de temperatura, pH, humedad y alimentación fueron las adecuadas para la reproducción y supervivencia de las lombrices. Schuldt *et al.* (2005), Reines *et al.* (2008), Hernández-Rodríguez, *et al.* (2009) han afirmado que las condiciones óptimas de crecimiento son de 24° a 27 °C de temperatura; pH entre 8.5 y 9.0; humedad aproximada de 80% y disposición de alimento, el cual debe tener una relación C/N adecuada, como se mencionó anteriormente. En la producción de cocones se encontraron diferencias significativas entre las

mezclas y la mayor producción se encontró en la mezcla T<sub>2</sub>, debido a que en esta mezcla la alta actividad microbiana del inóculo generó una mayor abundancia de alimento que promovió la sobrevivencia y producción de cocones. Estos resultados concuerdan con los de Santamaría y Ferrera (2000), quienes afirman que la disponibilidad de alimento está directamente relacionada con la producción de cocones.

**Cuadro 2.** Número de lombrices y cocones totales en las tres mezclas; T<sub>1</sub>) frijol con estiércol de bovino; T<sub>2</sub>) aserrín con estiércol bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche, T<sub>3</sub>) aserrín con estiércol de bovino.

Mezcla	Lombrices	Cocones	Mortandad (%)
T1	44 ± 1 a*	25 ± 4b	12
T2	50 ± 2 a	162 ± 12 a	0
T3	46 ± 5 a	79 ± 3b	8

\*Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas entre el efecto de las mezclas en la sobrevivencia de lombrices y la producción de cocones, de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey (p < 0.05). El dato después del ± es el error estándar de la media.

### Análisis del sustrato

Se ha reportado que un pH superior a 9.5 del sustrato afecta negativamente el desarrollo, reproducción y la actividad de las lombrices (Reines *et al.* 2004). Este fenómeno se observó en la mezcla T<sub>1</sub> donde se registró el pH más alcalino, lo que pudo afectar la sobrevivencia de lombrices y la producción de cocones. El contenido de Na y K intercambiables se redujo en la mezcla T<sub>2</sub>, lo que se reflejó en una menor CE. Sin embargo, la mezcla T<sub>1</sub> no mostró esta tendencia, ya que presentó la mayor CE, al igual que el mayor contenido de Na y K, lo cual pudo deberse al alto contenido de estos elementos en el frijol con respecto del aserrín (Badui, 1993) (Cuadro 2 y 3).

La mezcla elaborada con frijol (T<sub>1</sub>) presentó baja relación C/N y un mayor contenido de Ca y Mg (Cuadro 3) y baja concentración de materia orgánica, mientras que las mezclas elaboradas

con aserrín ( $T_2$  y  $T_3$ ) presentaron una relación C/N más alta, mayor concentración de materia orgánica y un menor contenido de Ca y Mg, con respecto a  $T_1$ . La humificación de la materia orgánica depende de la relación C/N, contenido de lignina y taninos que son precursores de las sustancias húmicas, y del contenido de minerales como el Ca y Mg (Tan, 2003). Estos factores influyen en la velocidad de degradación de la materia fresca, en el contenido final de materia orgánica humificada (humus) y en el contenido de minerales (Ca y Mg) (Singh *et al.*, 1992; Sánchez-Monedero *et al.*, 1996; Kluczek-Turpeinen *et al.*, 2003; Schuldt, 2004).

Las leguminosas presentan baja relación C/N, bajo contenido de lignina y taninos y alto contenido de Ca y Mg, por lo que su degradación será rápida, al final el contenido de materia orgánica será bajo, pero con alto contenido de minerales (Granito *et al.*, 2009). Por el contrario, en cereales, gramíneas y aserrín, la relación C/N, el contenido de lignina y taninos es alta (Kluczek-Turpeinen *et al.*, 2003, Nieto-Garibay *et al.*, 2009), y su contenido de Ca y Mg es bajo, por lo que su velocidad de degradación será lenta (Schuldt, 2004), pero al final el contenido de materia orgánica y sustancias húmicas es alto, aun cuando tengan bajo contenido de minerales disponibles para la planta (Singh *et al.*, 1992; Sánchez-Monedero *et al.*, 1996).

La materia orgánica, además de tener una influencia directa sobre la fertilidad del suelo, es un factor importante en la presencia y disponibilidad de micronutrientes (Roca *et al.*, 2007). Por lo que en la mezcla  $T_2$  que presentó un mayor contenido de materia orgánica probablemente sean más disponibles los micronutrientes. Esto se traduce en un abono más rico en términos de contenido de materia orgánica humificada, y con nutrientes más disponibles para que la planta pueda aprovecharlos.

**Cuadro 2.** Análisis fisicoquímico y de contenido de macro y micro nutrientes de las tres mezclas de sustratos al inicio del experimento:  $T_1$ ) frijol con estiércol de bovino;  $T_2$ ) aserrín con estiércol de bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche;  $T_3$ ) aserrín con estiércol de bovino.

Análisis	$T_1$	$T_2$	$T_3$
pH	9.70 ± 0.0 a*	9.47 ± 0.03 b	9.43 ± 0.03 b
CE (mmhos·cm <sup>-1</sup> )	6.62 ± 0.8 a	5.49 ± 0.2 a	6.26 ± 0.3 a
% MO	22.41 ± 3.6 a	35.69 ± 5.6 a	28.89 ± 1.7 a
P Olsen (mg P kg de LB <sup>-1</sup> )	496.52 ± 24.0 a	491.04 ± 27.2 a	470.71 ± 20.3 a
K (ppm)	25.82 ± 1.0 a	23.75 ± 0.5 a	24.38 ± 0.5 a
Ca (ppm)	50.12 ± 9.7 a	28.35 ± 5.8 a	48.18 ± 9.0a
Mg (ppm)	4.77 ± 0.7 a	2.73 ± 0.3 a	2.73 ± 0.7 a
Na (ppm)	9.16 ± 1.0 a	5.3 ± 0.2 b	7.87 ± 1.0 ab
Fe (ppm)	8.77 ± 1.0 a	13.44 ± 0.8 a	9.92 ± 3.6 a
Cu (ppm)	6.3 ± 0.05 a	6.58 ± 0.2 a	5.88 ± 0.3 a
Zn (ppm)	1.75 ± 0.2 a	0.98 ± 0.04 a	1.24 ± 0.3 a
Mn (ppm)	3.26±1.0 a	2.17±0.1 b	2.63±0.1 b

\*Letras diferentes en filas indican diferencias significativas entre el efecto de las mezclas en la sobrevivencia de lombrices y la producción de cocones, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p < 0.05$ ). El dato después del ± es el error estándar de la media.

## Conclusión

Los resultados sugieren que la mejor mezcla para la adaptación, reproducción de la lombriz roja californiana y calidad en el lombricompost es la  $T_2$ , que contiene aserrín con estiércol de bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche.

La melaza presente en  $T_2$  favoreció la descomposición del aserrín para que la lombriz tuviera más alimento disponible, reflejándose en una mayor producción de cocones con relación a las otras mezclas. Sin embargo, la mezcla de rastrojo frijol presentó el menor contenido de materia orgánica y mayor conductividad eléctrica, lo cual lo convierte en un sustrato no apto para la adaptación y reproducción de la lombriz roja californiana.

## Literatura citada

- ÁLVAREZ-SOLÍS, J. D., R. Ferrera-Cerrato y J. D. Etchevers Barra. 2000. Actividad microbiana en tepetate con incorporación de residuos orgánicos. *Agrociencia* 34: 523-532.
- ATIYEH, R. M., C. A. Edwards, S. Subler y J. D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11-20.
- ATIYEH, R. M., N. Q. Arancon, C. A. Edwards y J. D. Metzger. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology* 81: 103-108.
- BADUI, S. 1993. Química de los alimentos. Libro editado por Alhambra Mexicana, Editorial, S.A. de C.V., 1993 - 648 pp.
- BARBADO, J. L. 2003. Cría de lombrices, Ed. Albatros, Buenos Aires, Argentina. p. 17- 72.
- CHEN, J. H., J. T. Wu y W. T. Huang. 2001. Effects of compost on the availability of nitrogen and phosphorus in strongly acidic soils. Taiwan ROC. pp. 1-10.
- COOPERBAND, L. R. 2000. «Composting: art and science of organic waste conversion to a valuable soil resource». *Lab. Med.* 31(5): 283-289.
- CRUZ-LÁZARO, E., R. Osorio-Osorio, E. Martínez-Moreno, A. J. Lozano del Río, A. Gómez-Vázquez y R. Sánchez-Hernández. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35 pp 363- 368
- DIMAS, N. R., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, A. Palomo-Gil, E. Favela-Chávez, V. P. Álvarez-Reyna, C. Márquez-Hernández y A. Moreno-Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3) pp 265-272.
- DURÁN, L. y C. Henríquez. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 33(2):275-281.
- EBADI, Z., G. Abas, S. Kianoush. 2007. Study on earthworm (*Eisenia foetida*) growth and reproduction in substrates of different agricultural and industrial wastes. *Agronomy e Horticulture Journal* 164-170 pp.
- EDWARDS, C. y J. Lofly. 1977. Biology of Earthworms. Chapman and Hall. London. 321 p.p.
- EYHORN, F., M. Heeb y G. Weldmann. 2002. IFOAM Training Manual for Organic Agriculture in the Tropics. Libro editado por IFOAM, FiBL (Switzerland), CABI Bioscience (UK), AGRECOL Afrique (Senegal), AGRECOL Andes (Bolivia) e INDOCERT (India). 1a edición. 198pp
- FÉLIX-HERRÁN, J. A., R. Martínez Ruiz, H. S. Azpiroz Rivero, R. Serrato Flores, A. D. Armenta Bojórquez, G. Rodríguez Quiroz y V. Olalde Portugal. 2010. Propiedades Físico-químicas y orgánicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica en el libro Biotecnología aplicada a recursos forestales, Libro técnico: Serie forestal, ISBN: 875-935-543-2, pp. 275-290, editado por la Universidad Autónoma Indígena de México-Universidad Autónoma Chapingo-Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.
- GHEISARI, S., S. Danesh and S. M. Mousavi. 2010. Growth and Reproduction of *Eisenia fetida* in Vermicomposting of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. *Asian Journal of Chemistry* 22(2) 1266-1274.
- GRANITO, M., J. Guinant, D. Pérez y S. Pérez. 2009. valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia* 34(1), pp. 64-70.
- GUADARRAMA, R. O., y S. M. Tabeada. 2004. La Lombricultura, una Propuesta al Medio Rural. In: Memorias del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. 10-12 de marzo de 2004. Guadalajara, Jal. Méx
- HATTI, S. S., R. L. Londonkar, S. B. Patil, A. K. Gangawane, C. S. Patil. 2010. Effect of *Eisenia foetida* vermishash on the growth of plants. *Journal of Crop Science* 1(1) pp. 6-10
- HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, O. A., C. Vences-Contreras, D. L. Ojeda-Barrios, M. M. Barrios-Burrola y C. H. Chávez-González. 2009. Tasa de emergencia de lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) bajo tres enmiendas orgánicas. *Tecnociencia Chihuahua* 3(3) 147-153.
- KLUCZEK-TURPEINEN, B., M. Tuomela, A. Hatakka y M. Hofrichter. 2003. Lignin degradation in a compost environment by the deuteromycete *Paecilomyces inflatus*. *Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 61:374-379.
- MANIOS, T., D. Laux, V. Manios y E. Stentiford. 2003. Cattail plant biomass as a bulking agent in sewage sludge composting; Effect of the compost on plant growth. *Compost Science & Utilization* 11: 210-219.
- MESUT-CIMRIN, K. y I. Yilmaz. 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. Taylor & Francis Group. 23: 57-60.
- MONTES-RIVERA, G., H. Jiménez-Sánchez y S. Solís-González. 2003. Lodos residuales composteados; una alternativa de sustrato para la producción de planta de *Agave durangensis*. *Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 10(1): 21-24.
- MORALES-MUNGUÍA, J. C., M. V. Fernández-Ramírez, A. Montiel-Cota, B. C. Peralta-Beltrán. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *BIOTECNIA XI(1):*19-26.
- NAVARRO, B., S. y G. Navarro G. 2003. Elementos químicos esenciales para algunas plantas, In: Química Agrícola El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Editorial Mundi prensa, 2da edición, 438 pp.
- NIETO-GARIBAY, A., E. Troyo-Diéguez, B. Murillo-Amador, J.L. García-Hernández y J. A. Larrinaga-Mayoral. 2009. La composta: la importancia, elaboración y uso agrícola. Editorial Centro de Ciencias Biológicas del Noroeste, S.C. La paz, B.C.S., México. 86p
- NOM-021-RECNAT-2000. Aprobada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Conservación, Protección, Restauración y Aprovechamiento de los Recursos Forestales de Suelos y Costas, en sesión celebrada el 14 de agosto de 2001. 85pp.
- OEI, P. 2003. Mushroom cultivation. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, the netherlands. 429 p.
- OUATMANE, A., M. Hafidi, M. El Gharous y J.C. Revel. 1999. Complexation of calcium ions by humic and fulvic acids. *Analysis* 27:428-432.
- PATNAIK, S. y M.V. Reddy. 2009. Vermi-composting of Municipal (Organic) Solid Waste and its implications. In: Singh, S.M. (Ed.), Earthworm ecology and environment. International Book Distributing Co., Lucknow, India, pp. 119-113.
- PRAMANIK, P., and Y. R. Chung. 2010. Efficacy of vermicomposting for recycling organic portion of hospital wastes using *Eisenia fetida*: standardization of cow manure proportion to increase enzymatic activities and fungal biomass. *Earth and Environmental Science The Environmentalist* 30(3):267-272
- REINÉS, M., J.A. Loza Llamas y S.H. Contreras Rodríguez. 2004. Lombricultura una biotecnología para la sustentabilidad. Editado por Fundación Produce Jalisco A.C. y la Universidad de Guadalajara. 60 pp.
- REINÉS, A., M; J.I. Simón Zamora; A. Ibarra Valenzuela; B. Castro Medina. 2008. Memoria del III Curso Internacional de Agricultura Orgánica. Eco-Agro un paso más. 7 al 11 de mayo de 2008, Guamúchil, Sinaloa, México. 93 pp.
- RESTREPO, J., S. Pinheiro y B. Castro M. 2007. Memoria del II Taller Internacional de Agricultura orgánica. Eco-Agro un paso más, Guamúchil, Sinaloa, México. 121 pp.
- ROCA, N., M. S. Pazos y J. Bech. 2007. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del no argentino. *Ciencia Suelo* 25(1):31-42.
- RODRÍGUEZ-QUIROZ, G., D. Armenta-Bojórquez, W. Valenzuela Quiñonez, J. R. Camacho Baéz y H. M. Esparza Leal. 2003. Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombricomposta con *Eisenia foetida*. Naturaliza y desarrollo vol. 1, núm. 2: 3-9. Rodríguez S., F. 1996. Fertilizantes nutrición vegetal. AGT Editor, 3ª edición, pp. 33-46.

- ROSALES, R. 2000. Oligoelementos. Editado por la Dirección general de cultura y extensión universitaria de la Universidad de los Andes. 6pp.
- RUBIO, C., D. González Weller, R. E. Martín-Izquierdo, C. Revert, I. Rodríguez y A. Hardisson. 2007. El zinc: oligoelemento esencial. En *Nutrición hospitalaria* 22(1): 101-107 pp
- SAS System for Windows. 2002. By SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SANCHEZ-MONEDERO, M.A., A. Roig, C. Martínez Pardo, J. Cegarra y C. Paredes. 1996. A microanalysis method for determining total organic carbon in extracts of humic substances. Relationships between total organic carbon and oxidizable carbon. En: *Bioresource Technology* 57: 291-295pp.
- SANTAMARÍA, R., S. y R. Ferrera. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra latinoamericana* 20(003) pp. 303-310.
- SCHULD, M. 2004. Lombricultura fácil. Workgraf, La Plata. 152 pp.
- SCHULD, M.; R. Christiansensz; L. A. Scatturiez; J. P. Mayo. 2005. Pruebas de aceptación de alimentos y contraste de dietas en lombricultura. *Rev electrónica de veterinaria REDVET* 6(7) 12 p.
- SEMARNAT. 2005. Dirección general de gestión forestal y de suelos. <http://www.semarnat.gob.mx/Pages/inicio.aspx>
- SINGH, Y., B. Singh, y C.S. Khind. 1992. Nutrient transformations in soils amended with green manures. *Advances in soil science* 20:258-265.
- TAN, K.H. 2003. Humic matter in soil and the environment, Principles and Controversies. Marcel Dekker, New York, NY. 408pp.
- TOGUN, A.O. y W.B. Akanbi. 2003. Comparative effectiveness of organic-based fertilizer to mineral fertilizer on tomato growth and fruit yield. *Compost science & Utilization* 11(4): 337-342.
- YAGI, R., M.E. Ferreira, M.C. Pessoa da Cruz y J.C. Barbosa. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Scientia Agricola, Brazil* 60(3) 12 pp. 

Este artículo es citado así:

López-Méndez, C., R. D. Ruelas-Ayala, R. R. Sañudo-Torres, C. Armenta-Lopez y J. A. Félix-Herrán. 2013: *Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(2): 81-87.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**CARLOS LÓPEZ MÉNDEZ.** Terminó su licenciatura en 2012, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Desarrollo Sustentable por la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM). Desde 2013 labora en Amaref en Guadalajara, Jalisco y posee la categoría de jefe de brigada.

**JAIME ALBERTO FÉLIX HERRÁN.** Terminó su licenciatura en 2002, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM). Realizó su posgrado en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en 2006. Desde 2007 labora en la Universidad Autónoma Indígena de México y posee la categoría de Facilitador educativo (Profesor) A. Es miembro del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos del Instituto de Apoyo a la Investigación e Innovación Sinaloa (INAPI Sinaloa) desde 2012, en la categoría de Investigador; es miembro del Cuerpo Académico de "Biotecnología y Sustentabilidad de los Recursos Naturales (UAIM-CA3)" reconocido por PROMEP. Su área de especialización es el aprovechamiento y conservación de recursos forestales no maderables. Ha dirigido 5 tesis de licenciatura. Es autor de aproximadamente 6 artículos científicos, 23 ponencias en congresos, y 5 capítulos de libros científicos; además ha impartido 9 cursos y talleres; participa como árbitro de dos revistas científicas de circulación internacional la revista de Biología Tropical / International Journal of Tropical Biology and conservation de la Universidad de Costa Rica y el European journal of soil science.

**CELSO ARMENTA LÓPEZ.** Obtuvo en 1988 una Especialización en Observación Meteorológica por la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Terminó su licenciatura en 1999 y fue titulado en 2001, con el grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica por la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, de la (UAS). Desde 2006 labora en los Programas Académicos de Ingeniería Forestal e Ingeniería en Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma Indígena de México, con la categoría de Facilitador Educativo (Profesor) "A". Ha sido miembro del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) Sinaloa desde 2011. Su área de especialización son los Sistemas Agroforestales. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura. Ha publicado 3 artículos en revistas científicas, una reseña literaria y un artículo en libro. Además ha impartido 9 conferencias por invitación y actualmente dirige un proyecto de investigación financiados por fuentes externas, y participa en tres más. Ha sido acreditado por la SAGARPA como Verificador Fitosanitario en el Estado de Sinaloa, México.

**ROSARIO RAUDEL SAÑUDO TORRES.** Terminó su licenciatura en 2005, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM). Desde 2006 labora en la Universidad Autónoma Indígena de México y posee la categoría de Profesor de Tiempo Completo "A". Ha sido miembro del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos del Instituto de Apoyo a la Investigación e Innovación (INAPI Sinaloa) desde 2012 a la fecha, es miembro del Cuerpo Académico de "Biotecnología y Sustentabilidad de los Recursos Naturales (UAIM-CA-3)" reconocido por PROMEP. Su área de especialización es la Biotecnología y la Línea de Investigación o generación y aplicación del conocimiento es en Recursos Naturales y Agroecosistemas. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura. Es autor de aproximadamente 3 artículos científicos, más de 6 ponencias en congresos, y 2 capítulos de libros científicos; además ha impartido 10 conferencias por invitación y ha dirigido 2 proyectos de investigación institucionales.

**REY DAVID RUELAS AYALA.** Terminó su licenciatura en 2002, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero bioquímico por el Instituto Tecnológico de los Mochis (ITLM). Realizó su posgrado en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN UNIDAD SINALOA) donde en el 2007 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Desde el 2011 labora en la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM) atendiendo los programas educativos de Ingeniería Forestal e Ingeniería en Desarrollo Sustentable. Es miembro del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) e integrante del cuerpo académico de Biotecnología y Desarrollo Sustentable de los Recursos Naturales registrado ante PROMEP en la categoría de En Formación. Su área de especialización es la biología molecular de plantas y de fitopatógenos, así como el control biológico con hongos entomopatógenos. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura, más de 10 ponencias en congresos, aproximadamente 5 artículos científicos y 2 capítulos de libros científicos.

# Análisis de la fragmentación de los bosques templados usando sensores remotos de media resolución espacial en Pueblo Nuevo, Durango

## Analysis of temperate forest fragmentation using spatial medium-resolution remote sensing in Pueblo Nuevo, Durango

GRISELDA VÁZQUEZ-QUINTERO<sup>1</sup>, ALFREDO PINEDO-ÁLVAREZ<sup>2,3</sup> CARLOS MANJARREZ-DOMINGUEZ<sup>2</sup>, GERARDO DANIEL DE LEÓN-MATA<sup>1</sup> Y OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ<sup>2</sup>

*Recibido: Marzo 5, 2012*

*Aceptado: Septiembre 21, 2012*

### Resumen

Los seres humanos han alterado sustancialmente la superficie, el patrón y la composición de la vegetación natural mundial, esto causado por una cada vez más creciente intervención humana en los paisajes naturales. Los procesos de deforestación de los bosques han ocasionado una disminución de la capacidad productiva y biodiversidad, fragmentando dichos ecosistemas. El objetivo central de este trabajo de investigación fue evaluar el grado de fragmentación de una porción de bosques templados ubicados en una microcuenca. Se tomaron como base los datos de imágenes de satélite de los sensores MSS y TM, se emplearon clasificaciones supervisadas para determinar coberturas de los años 1974, 1990, 2000 y 2011; se determinó la tasa de cambio durante el periodo total, así como la anual. Se utilizaron los índices de fragmentación de Simpson y Shannon. Los principales resultados encontrados determinan una buena precisión en las clasificaciones generadas para los diferentes periodos consecutivos 1974, 1990, 2000 y 2011, con valores Khat de 87%, 83%, 81% y 77% respectivamente, lo que indica una continua deforestación de las áreas de pino, perdiéndose en el periodo evaluado un total de 8,216 ha. Los índices de Simpson y Shannon muestran una tendencia a aumentar conforme se vuelve más complejo el ecosistema. Las técnicas de sensores remotos asociados a los índices de fragmentación representan metodologías precisas para la evaluación de las áreas forestales.

**Palabras clave:** fragmentación, sensores remotos, Landsat TM, índices de diversidad, matriz de error, bosques templados.

### Abstract

Humans have substantially altered the surface, pattern and the composition of the world natural vegetation; this is caused by increasing human intervention in natural landscapes. The deforestation of forests has caused a decline in the productive capacity and biodiversity, fragmenting these ecosystems. The objective of this research was to evaluate the degree of fragmentation of a portion located in a temperate forest watershed. The data were based on satellite images of MSS and TM sensors, supervised classifications were used to determine coverage for the years 1974, 1990, 2000 and 2011, it was determined the rate of change of period and annual. Simpson and Shannon indices of fragmentation were used. The main results determine a good accuracy in the rankings generated for different consecutive periods 1974, 1990, 2000 and 2011, Khat values of 87%, 83%, 81% and 77% respectively, indicating continued deforestation of the pine areas, a total of 8,216 ha were lost in the period under review. The Simpson and Shannon indices show a tendency to increase as it becomes more complex the ecosystem. Remote sensing techniques associated with fragmentation indices represent accurate methodologies for evaluating forest areas.

**Keywords:** fragmentation, remote sensing, Landsat TM, diversity index, error matrix, temperate forests.

<sup>1</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango, Blvd. del Guadiana, Núm. 501, Ciudad Universitaria, C.P. 34120. Durango, Dgo. México. Tel. (618) 825-1886 y (618) 825-0378.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Cd. Universitaria s/n Campus 1, C.P. 31310 A.P. 24. Chihuahua, Chih, México. Tel. (614)439-1844 y (614)439-1845.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: apinedoa@gmail.com.

## Introducción

Los seres humanos han alterado significativamente la superficie, el patrón y la composición de la vegetación natural mundial; esto causado por una cada vez más creciente intervención humana en los paisajes naturales. Este fenómeno ha ido fragmentando el hábitat y con el tiempo ha derivado en pérdida de biodiversidad y productividad de los ecosistemas naturales; en este sentido, los ecosistemas forestales representan uno de los ejemplos más preocupantes por ser pieza clave en las actividades económicas de una nación.

La deforestación no solo se traduce en una pérdida del área forestal, tiene también como consecuencia la disminución y parcelación de la superficie residual, es decir, la fragmentación (Mas y Sandoval, 2000), los procesos de deforestación en los bosques naturales por efectos diversos como tala clandestina, cambios de uso de suelo para la actividad pecuaria, incendios, entre otros, han sido la causa de un parcelamiento de los bosques, lo que ha ocasionado disminución de la capacidad productiva y biodiversidad de dichos ecosistemas.

Con el crecimiento de la población a un ritmo exponencial, la demanda de productos forestales es cada vez mayor, ejerciendo una presión sobre el recurso. El tema de la fragmentación y deforestación de bosques ha captado un fuerte interés en investigación. El análisis e interpretación de imágenes de satélite ha tenido un impacto muy fuerte en los últimos 30 años en el mapeo y generación de cartografía de las comunidades vegetales (Lillesand *et al.*, 2000).

Las imágenes de satélite surgen como una herramienta importante para manejar, planear y evaluar los recursos naturales (Buiten, 1993). Los datos de Landsat TM son adecuados para la evaluación de atributos de un área forestal a escala regional en base a la resolución espacial y espectral, que permite la discriminación de tipos y condiciones forestales, detección de cambios y estimaciones de áreas forestales (Wynne *et al.*, 2000). Los sensores remotos permiten detallar mapas forestales que son usados en la toma de decisiones con respecto al uso de suelo, tratamientos silvícolas, calidad

del agua, salud del bosque y hábitat para la fauna (Plourde y Congalton, 2003). La integración de estas tecnologías a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ofrece beneficios para la obtención de información que incluyen el análisis en detalle de pequeñas áreas, así como de grandes extensiones con una precisión razonable (Everitt *et al.*, 2006).

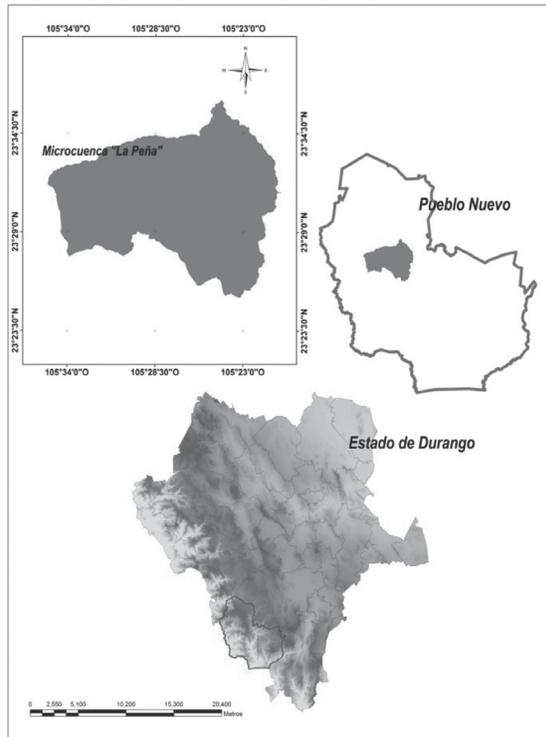
El objetivo de este estudio fue evaluar el grado de fragmentación, usando sensores remotos, de los bosques templados de la microcuenca La Peña, del municipio de Pueblo Nuevo, Durango.

## Materiales y métodos

La microcuenca La Peña se encuentra entre los paralelos 23° 23' 30" y 23° 34' 30" de Latitud Norte y entre los meridianos 105° 34' 0" y 105° 23' 0" Longitud Oeste, su altitud varía entre los 100 y 3,400 msnm, en el municipio de Pueblo Nuevo del estado de Durango, México, cuenta con una superficie de 28,334 ha (Figura 1).

Una de las actividades productivas primarias desarrolladas en el área de estudio, aunque con un baja proporción, es la agricultura de temporal, con un 1.1%, mientras que la industria forestal ha contribuido en los últimos años con el crecimiento de la población con un 0.02%. La microcuenca se encuentra ubicada en una región forestal importante en el estado, contando con una proporción de bosque de coníferas de 84.8%, selva baja caducifolia 10.7% y comunidades de pastizal 3.2%. El clima está determinado principalmente como templado subhúmedo con lluvias en verano.

Figura 1. Localización del área de estudio.



**Fuentes de datos.** Para el análisis espacial de las áreas fragmentadas se utilizaron cuatro subescenas del sensor Landsat MSS y TM de los años de 1974, 1990, 2000 y 2011, con «path/row» de 31-44, en donde se ubica la microcuenca. Para ajustar geoméricamente las escenas de satélite empleadas en este estudio se utilizó cartografía topográfica escala 1:50,000. El análisis de los patrones de fragmentación del paisaje se llevó a cabo calculando los índices de Simpson y Shannon, utilizando el programa Patchanalysis (Rempel *et al.*, 2012). Para detalles de localización y validación se usó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) marca Trimble® Juno. El análisis de la información geoespacial fueron soportados en el software ENVI® y ArcGIS® 9.3.

**Procesamiento de la imagen Landsat TM.** Las imágenes de satélite fueron procesadas usando técnicas de corrección atmosférica, corrección radiométrica, corrección geométrica, registro de las imágenes, extracción del área de interés y sobreposición de bandas conforme a los procedimientos sugeridos por Chuvieco (2008).

**Clasificación supervisada.** Para determinar la frecuencia de las categorías se realizó un muestreo estratificado de 60 sitios. Se usaron las técnicas de modelaje estadístico de frecuencias, que son indispensables para considerar únicamente los datos de cartografía; el método se basa en identificar zonas o sectores donde se conoce con certeza el tipo de vegetación o unidad existente (nubes, cuerpos de agua, matorrales, bosques de coníferas, entre otros) donde se puede identificar una diferencia sustancial de la cobertura; posteriormente se toman «muestras» de los valores espectrales presentes en ese sitio.

Con el fin de obtener solo las unidades de vegetación de interés (comunidades forestales), se aplicó, como clasificador, el método de la distancia de Mahalanobis: con dicha ecuación se consigue mitigar el problema de las unidades, en la medida en que cada variable entra en el cálculo de la distancia corregida por su variabilidad, se elimina la información redundante y es la técnica más precisa en casos de elevada colinealidad.

$$d_i = \sqrt{(X - \bar{X})^t \cdot S_i^{-1} (X_i - \bar{X})}$$

Donde: *i* = representa la clase *i*, *X* = es el vector de muestras del pixel que se quiere medir la distancia,  $\bar{X}$  = es el vector de medias de los pixeles de clase *i*, *S*=matriz de varianza covarianza de los valores de los pixeles de la clase *i*.

**Separabilidad espectral.** Para evaluar la contribución de las áreas de entrenamiento en la clasificación se analizó la separabilidad espectral que existía entre clases, para esto se empleó el método de la distancia de Jeffreys-Matusita, para lo cual se calculó primeramente la distancia de Bhattacharyya.

$$bij = \frac{1}{8} (m_i - m_j)^t \frac{c_i + c_j}{2} (m_i - m_j) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{\left| \frac{c_i - c_j}{2} \right|}{\sqrt{|c_i|} \sqrt{|c_j|}} \right)$$

Donde:  $b_{ij}$  = Distancia de Bhattacharyya;  $ij$  = Subíndices para las dos firmas;  $t$  = Transpuesta y determinante;  $c$  = Matriz de covarianzas;  $m$  = Media de los vectores.

$$JM_{ij} = 2(1 - e^{-b_{ij}})$$

Donde:  $JM_{ij}$  = Distancia de Jeffreys-Matusitabij = Distancia de Bhattacharyya.

*Validación de la información.* La precisión las clases generadas por la clasificación se evaluó a través de una matriz de confusión, tomando como indicador de esta el índice discreto multivariado Kappa.

$$K_{hat} = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_i + \sum X_{+i}}{N^2 - \sum X_i + \sum X_{+i}}$$

Donde:  $x_{ii}$  = indica la coincidencia observada,  $x_i, x_{+i}$  = (producto de los márgenes de la matriz de error) la coincidencia esperada,  $N$  = es el tamaño de la muestra.

*Índices de fragmentación.* Una vez procesadas y generadas las clases de cobertura para las áreas de estudio, se importaron al software de análisis en fragmentación PatchAnalysis, de acuerdo con las metodologías sugeridas y desarrolladas por Mcgarigal y Marks (1995).

Para determinar con precisión las áreas fragmentadas de las zonas evaluadas se probaron dos índices de biodiversidad:

*Índice de diversidad de Shannon.* Este índice se puede desarrollar empleando fuentes de datos tanto raster como bases vectoriales, tiene una escala o rango de valores que va de 0 a 1, los valores que se acercan a cero indican que el ecosistema está menos fragmentado por el número de parches encontrados, y conforme se acercan a 1 dicha fragmentación aumenta; la fórmula es la siguiente:

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

Donde: SHDI = índice de fragmentación que se expresa o tiene un rango de valor 0 a 1.  $P_i$  = Número de parches  $\ln$  = Logaritmo natural.

*Índice de diversidad de Simpson.* El índice de diversidad de Simpson es la probabilidad de que dos puntos seleccionados al azar estén ubicados en parches de clase diferente (Rempel *et al.*, 2012): donde IS es el índice de diversidad de Simpson, y  $p$ , es la proporción del área del paisaje ocupada por el tipo de parche  $i$ . El índice de Simpson varía entre 0 y 1. Es igual a cero cuando el paisaje contiene solamente un parche (no hay diversidad) y se acerca a uno cuando el número de tipos de parches aumenta y la distribución del área entre los diferentes tipos es más homogénea.

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$$

Donde: SHDI = índice de fragmentación que se expresa o tiene un rango de valor 0 a 1.  $P_i$  = Número de parches  $\ln$  = Logaritmo natural.

## Resultados y discusión

### *Generación de uso de suelo y vegetación.*

*Composición de bandas.* Las composiciones de bandas juegan un papel muy importante en el análisis preliminar de la generación de las cubiertas de la superficie. Para este estudio se emplearon datos del sensor Landsat en su plataforma Multiespectral Escaner (MSS) y Mapeador Temático (TM) por sus siglas en inglés, las bandas que mejor se ajustaron para el MSS del año 1974 fueron la banda 1 (0.5 – 0.6  $\mu\text{m}$ ) en el canal rojo, banda 3 (0.7 – 0.8  $\mu\text{m}$ ) en el canal verde y la banda 2 (0.5 – 0.7  $\mu\text{m}$ ) en el canal azul (Figura 2).

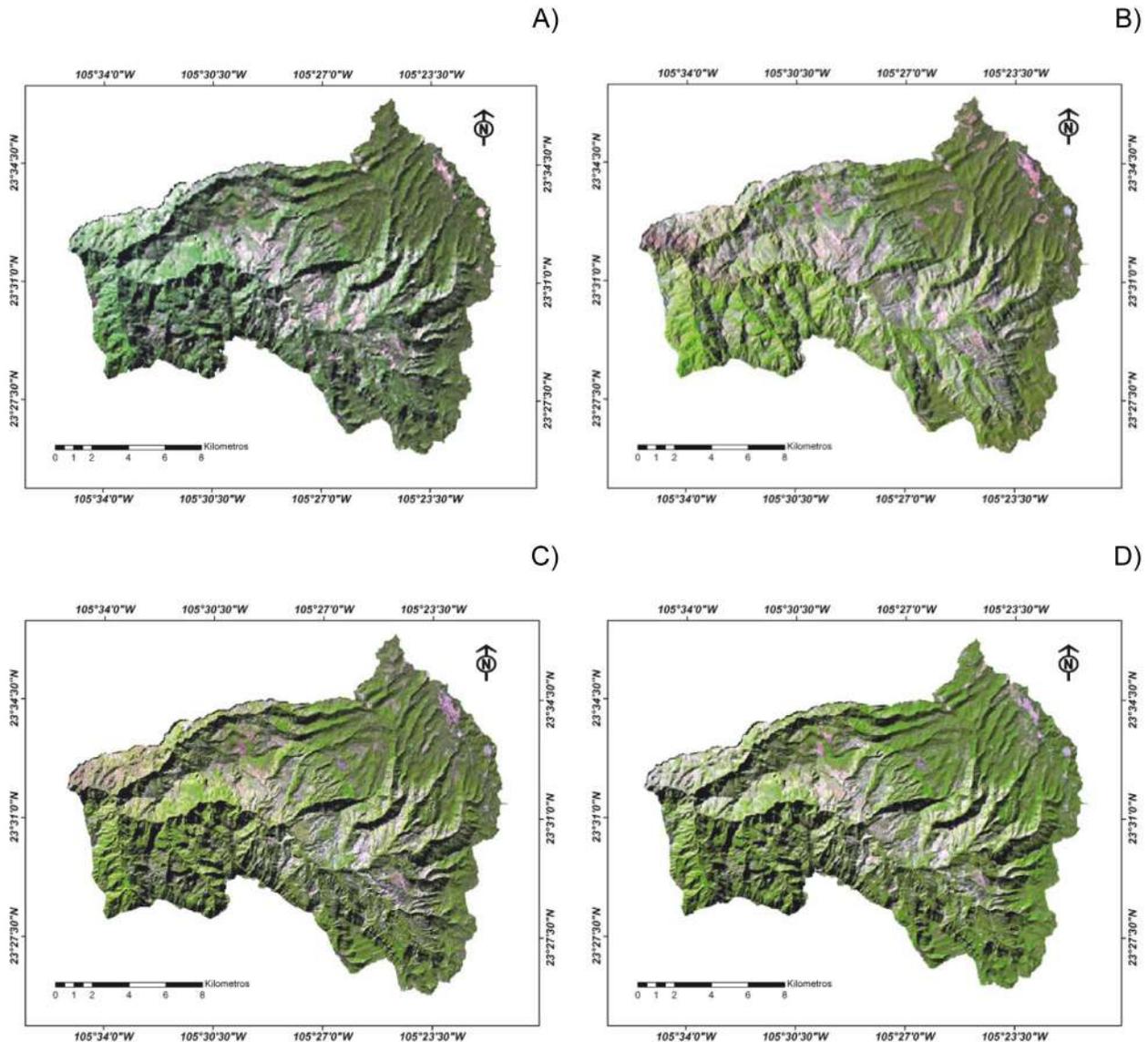
Pinedo (2008) encontró en su trabajo de investigación realizado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua, que la composición de las bandas

3, 4 y 5 de Landsat TM, proporcionaron la mejor discriminación visual y la mayor información con menor redundancia y duplicación en estudios de cubierta forestal.

En otro estudio, Miller *et al.* (1998) analizaron los datos obtenidos del sensor Landsat Multiespectral Escaner (MSS) de diferentes años: 1973, 1978, 1984, 1985 y 1991, y evaluaron las áreas forestales en varios

estados del norte y oeste de los Estados Unidos de América. Las composiciones generadas en el orden del RGB (banda 1 (0.5 – 0.6  $\mu\text{m}$ ), banda 3 (0.7 – 0.8  $\mu\text{m}$ ), banda 2 (0.5 – 0.7  $\mu\text{m}$ )), fueron las que mejor mostraron los atributos de la vegetación para estas regiones; estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio.

**Figura 2.** Mapas de uso de suelo y vegetación de la microcuenca La Peña, localizada en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango; generados a partir de la composición de bandas del sensor Landsat MSS (A) 1974 y Landsat TM (B) 1999, (C) 2000 y (D) 2011.

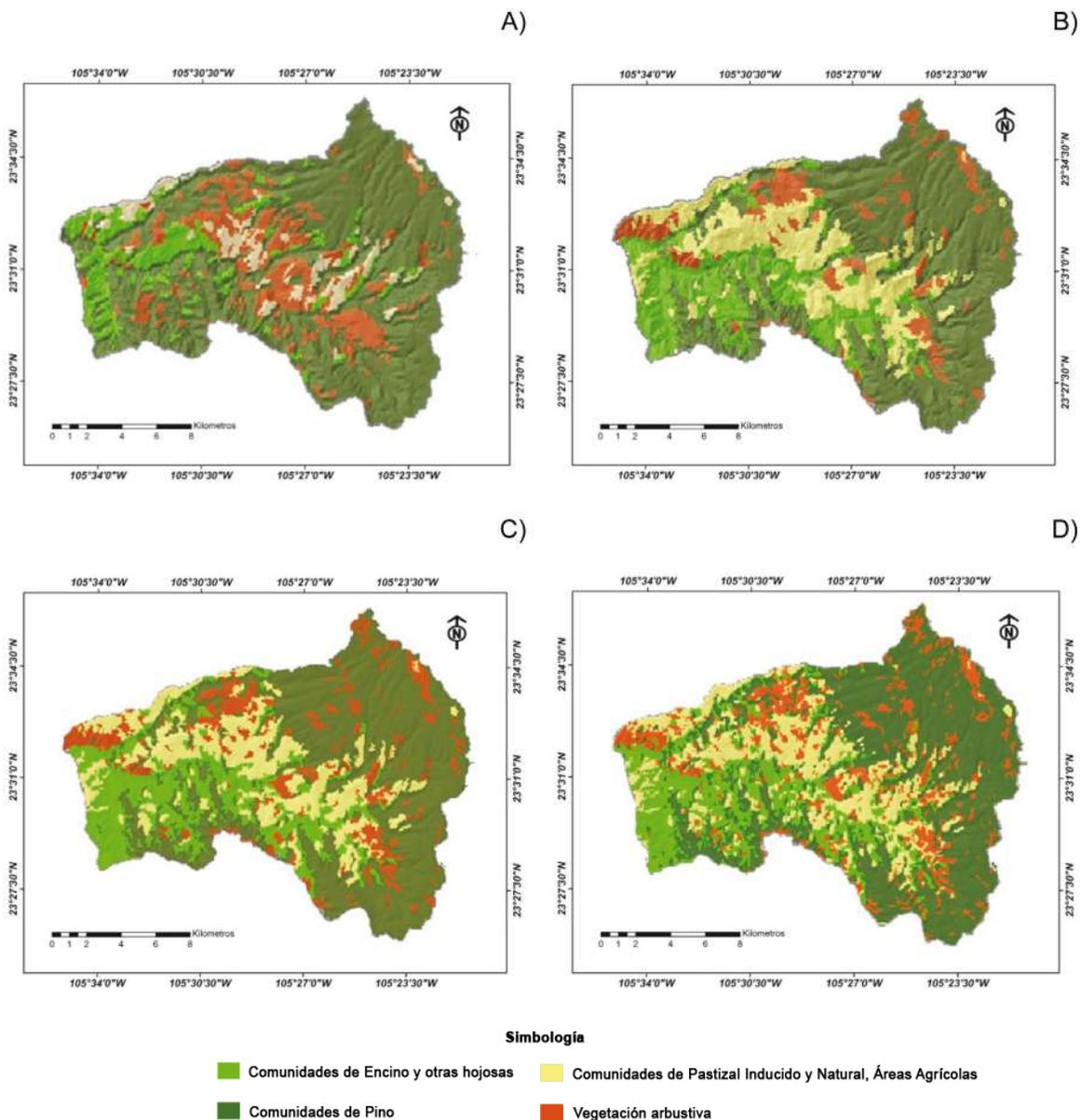


**Clasificación de la vegetación.** El análisis de las imágenes de satélite basado en información de escritorio-campo, permitió la discriminación espectral de cuatro clases como las más acertadas para la representación cartográfica de la vegetación. Se obtuvieron cuatro clases de vegetación identificadas para las escenas de satélite de Landsat MSS y Landsat TM (Figura 3); comunidades de encino

y otras hojosas (Ceyh); comunidades de pino (Cp); comunidades de pastizal inducido y natural, áreas agrícolas (Cpinagri) y vegetación arbustiva (Varb).

La clasificación supervisada del año 2000 y 2011 bajo los métodos implementados en este estudio, mostró una buena relación y consistencia en la identificación de las clases de vegetación, la relación terreno-imagen presenta

**Figura 3.** Mapas generados a partir de la clasificación supervisada de la microcuenca La Peña, localizada en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango; (A) 1974, (B) 1999, (C) 2000 y (D) 2011.



condiciones similares a las clasificaciones de 1974 y 1990, de forma que el algoritmo implementado (distancia de Mahalanobis) mantiene una buena identificación de las comunidades de vegetación. De esta forma se eliminan confusiones de clases cuando se comparan imágenes de diferentes periodos, esto aunado a las correcciones radiométricas aplicadas a cada escena de diferente captura y fecha.

Las clases espectrales fueron asignadas de acuerdo a la clasificación de los otros periodos 1974 y 1990, manteniendo el mismo patrón para el análisis de cambios. Los resultados muestran un adecuado ajuste respecto a los otros periodos, manteniendo las siguientes clases: comunidades de encino y otras hojosas, comunidades de pino, comunidades de pastizal inducido y natural, áreas agrícolas y vegetación arbustiva (Figura 3).

En un estudio desarrollado en la reserva nacional Valdivia empleando imágenes multiespectrales Landsat TM, Segura y Trincado (2003) desarrollaron y evaluaron una metodología de clasificación digital para generar cartografía temática. El procesamiento de la información satelital fue realizado mediante un método de clasificación supervisado, aplicando un algoritmo de máxima probabilidad. Con la metodología propuesta pudieron identificar cinco clases de cobertura correspondientes a: bosque adulto, renoval, plantación, matorral y pradera. La exactitud de la clasificación global fue de un 64.0%, mientras que la clasificación de tipos de cobertura forestal fue de un 77.0%. Los resultados obtenidos pueden ser considerados aceptables y mostraron ser promisorios para el mapeo preliminar de áreas cubiertas con bosque nativo.

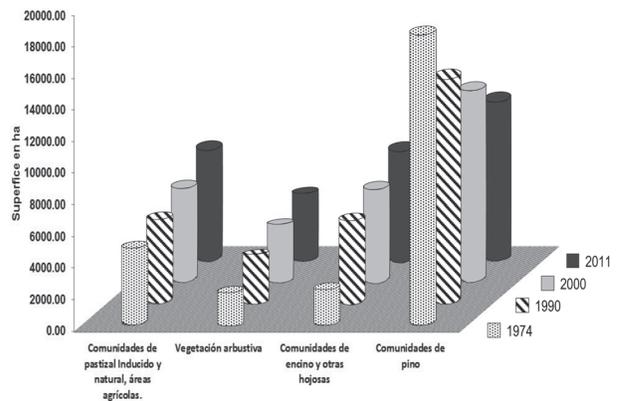
En un estudio realizado por Pinedo (2008) en la región de Guadalupe y Calvo, Chihuahua, se reportan buenas relaciones entre los elementos de la cubierta vegetal y los datos espectrales del sensor Landsat TM. Usando técnicas multivariadas de clasificación empleando el algoritmo de máxima probabilidad se discriminaron con buena precisión seis

clases: agricultura de temporal, bosque abierto, bosque cerrado, bosque de encino, comunidades de pastizal y selva baja caducifolia, información similar a la que presenta este estudio.

#### *Análisis de cambios.*

Con respecto a la comparación de imágenes clasificadas y validadas, en la Figura 4 se presentan los cambios ocurridos entre los cuatro periodos estudiados. Los resultados del análisis de cambios se efectuaron tomando como base las clasificaciones independientes de cada fecha.

**Figura 4.** Dinámica de cambios ocurridos en la microcuenca La Peña, localizada en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango.



El área de estudio para el año de 1974 se encontraba dominada por comunidades de pino ocupando 18,382 ha, lo que representaba un 65% de la superficie en la microcuenca, le sigue la vegetación arbustiva con un 2,230 ha con un 8%, las comunidades de encino y otras hojosas ocupaban una superficie de 2,909 ha 10% y por último las comunidades de pastizal inducido y natural mezcladas con áreas agrícolas se distribuían en 4,813 ha con una representación del 17% en la microcuenca.

La Figura 4 muestra claramente una disminución paulatina de los bosques de pino, de la superficie que ocupaban en 1974, un total de 18,391 ha, para 1990 la superficie se redujo a 14,314 ha, registrando un cambio de 4,077 ha en un lapso de 16 años; para el año 2000, la

superficie de cambio se incrementó a 6,257 ha y, finalmente, para el año 2011 la diferencia fue de 8,230 ha. Para las áreas de encino y otras hojosas se contaba con una superficie en 1974 de 2,159 ha, e incrementó para 1990 un total de 3,155 ha, para el 2000 siguió su incremento a 5,144 ha, y para el 2011 ya se contaba con 7,059 ha.

Los cambios ocurridos entre la vegetación de pino y encino obedecen quizá a un aspecto sucesional como respuesta a una competencia natural que sostienen estos tipos de vegetación. Respecto a comunidades de pastizal inducido y natural asociado a áreas agrícolas, en 1974 existían 4,813 ha y para el 2011 habían 7,059 ha, aumentando 2,246 ha. Finalmente, para las áreas de vegetación arbustiva de la superficie con que se contaba en 1974, que era de 1,980 ha, pasó en 2011 a 4,148 ha.

Los cambios que se presentaron en la serie multitemporal obedecen a una serie de factores ecológicos propios de la región de bosques templados, ya que es en estos ecosistemas donde son muy marcados los efectos que tienen las zonas de transición influenciadas por los factores orográficos propios de la Sierra Madre Occidental, lo anterior asociado a procesos de deforestación de diferentes tipos: humanos y naturales.

### Validación de la precisión

La verificación de los resultados obtenidos se realizó en base a una matriz de error la cual contrapone la información generada por la clasificación de la vegetación para cada año analizado entregada por las imágenes de satélite y la información de campo.

En una matriz de error, las columnas se ocupan para las clases de referencia y las filas para las clases deducidas de la clasificación digital. La diagonal de la matriz expresa el número de puntos de verificación en donde se produce entre las dos fuentes (mapa y realidad), mientras las marginales suponen errores de asignación (Lunetta *et al.*, 1991).

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de la exactitud global de las clasificaciones derivadas bajo el método supervisado de la distancia de Mahalanobis. Para los datos de Landsat MSS (1974) se presentó un coeficiente Kappa ( $K_{hat}$ ) de 0.87 este valor indica que la clasificación de cubierta vegetal de 1974 es 87% mejor que la esperada por el simple azar. Para los datos del Landsat TM de los años 1990, 2000 y 2011 se presentaron coeficientes de  $K_{hat}$  = 83%, 81% y 77%. Los resultados pueden ser considerados buenos en cuanto a la exactitud global, analizando detalladamente la matriz de error y teniendo en consideración que uno de los objetivos de este estudio se enfoca a la clasificación multiespectral de las categorías forestales, se aprecia que los resultados obtenidos son aceptables para los datos de las dos plataformas Landsat MSS y Landsat TM.

**Cuadro 1.** Precisión de las clasificaciones supervisadas para los años 1974, 1990, 2000 y 2011.

Sensor	Precisión por Categorías				Precisión global	Kappa
	Ceyh	Cp	Cpinagri	Varb		
1974 (MSS)	100	100	75	90	91.20%	0.873
1990 (TM)	100	90	80	85	88.25%	0.835
2000 (TM)	83	88	89	82	85.50%	0.819
2011 (TM)	90	89	70	75	81.00%	0.775

Ceyh = Comunidades de encino y otras hojosas, Cp = Comunidades de pino, Cpinagri = Comunidades de pastizal inducido y natural áreas agrícolas y Varb = Vegetación arbustiva.

Los resultados muestran una disminución paulatina de la precisión global y el coeficiente Kappa de 1974 al 2011 (Cuadro 1), los cambios son posiblemente causados por la dinámica temporal fragmentado el ecosistema y convirtiéndolo en un sistema más complejo.

La evaluación de la exactitud realizada en los mapas de clasificación presenta resultados similares a los obtenidos en otros estudios (Cohen *et al.*, 1998; Carleer y Wolff, 2004). Estos últimos investigadores obtuvieron precisiones cercanas al 79% en 10 tipos de vegetación alpina en Calgary, Canadá. Franklin

*et al.* (1994) mostraron que la precisión de clasificación es aproximada al 75% de acuerdo con la validación hecha en campo con imágenes combinadas de Landsat TM y SPOT. Resultados similares se reportados por Rodríguez *et al.* (2006) al examinar las escenas de Landsat TM Y SPOT XS, y por Pinedo (2008) con escenas Lansat TM para generar una clasificación de clases forestales.

### *Análisis de la Fragmentación*

El análisis y la interpretación de las métricas y el índice de fragmentación que determinan la evolución del paisaje en la microcuenca La Peña se describe de manera resumida en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Valores de las métricas e índices de fragmentación obtenidos en el análisis del paisaje de las clases temáticas evaluadas para los años de 1974, 1990, 2000 y 2011.

Periodo	SDI	SEI	NumP	MPE	MPS	PSCoV
MSS 1974	0.56	0.63	248.00	6156.60	114.29	537.08
TM 1990	0.68	0.72	240.00	7682.77	117.66	556.71
TM 2000	0.72	0.83	481.00	5049.27	58.73	760.19
TM 2011	0.89	0.92	1164.00	2908.78	24.29	1127.25

SDI= Índice de diversidad de Simpson, SEI= Índice de diversidad de Shannon, MPE= Media del borde del parche, MPS= Media del tamaño del parche, NumP= Número de parches, PSCoV= Coeficiente de variación del tamaño del parche.

**Número de parches.** Se puede observar que existe un aumento en el número de parches, confirmando que existe un proceso de fragmentación o división de los grupos homogéneos que existían en periodos pasados, se observa que durante el periodo de 1974 a 1990 existe una misma condición de fragmentos, aumentando a un número mayor de fragmentos del periodo de 1990 al 2011 (Cuadro 2).

**Tamaño medio de los parches.** Es evidente que los parches grandes fueron fragmentados o divididos debido a diversas causas, propias de las actividades productivas desempeñadas en la microcuenca, produciendo una disminución general del tamaño de los parches en el periodo evaluado (Cuadro 2).

**Coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos.** En el Cuadro 2 se puede observar también que el coeficiente de variación no es muy alto en los primeros periodos de estudio, pero se incrementa conforme se avanza en el tiempo, efectos producidos quizá por el aprovechamiento de recursos naturales, así como también fenómenos naturales de deforestación. Se aprecia el aumento en el coeficiente de variación del tamaño del parche, este comportamiento es propiciado por el aumento en el número de fragmento, volviendo más complejo el ecosistema.

**Media del borde del parche.** Este valor mide los valores de una misma clase (uso del suelo) y muestra el grado de fragmentación y conectividad; los valores obtenidos fluctúan de 0 a infinito. Paisajes con valores reducidos indican que se encuentran más fragmentados y aislados; mientras que paisajes con valores altos indican que se encuentran menos fragmentados. Para los periodos evaluados existe una menor fragmentación en los primeros periodos de estudio, el valor tiende a disminuir en el caso del 2000 y 2011, aumentando el proceso de fragmentación (Cuadro 2).

**Índices de Simpson y Shannon.** De acuerdo al análisis efectuado a las clasificaciones generadas para los periodos evaluados, ambos índices muestran una clara tendencia ascendente, mostrando un incremento de los procesos de fragmentación en el área. El índice de Simpson muestra que conforme avanza el tiempo existe una mayor diversidad paisajística, por otra parte, el índice de Shannon nos da como resultado que en los periodos evaluados (1974, 1990, 2000 y 2011) se está incrementando el número de fragmentos de cada clase. En ambos casos se muestra una evolución paisajística debido al incremento de los parches que evidencia un claro proceso de fragmentación en el área de estudio (Cuadro 2).

En un estudio realizado en la reserva forestal del Choré, Pinto (2006) analizó la evolución del paisaje y el estado de conservación. En dicho estudio se emplearon imágenes Landsat TM y ETM, las cuales se

clasificaron para identificar la deforestación y el cambio ocurrido entre los años 1992 y 2004. También con las imágenes se pudo determinar la evolución del paisaje utilizando programas de análisis del paisaje.

## Conclusiones

El uso de sensores de media resolución espacial, integrados en Sistemas de Información Geográfica (SIG), son tecnologías que permiten establecer metodologías y estándares específicos para los procesos de manejo forestal que en la actualidad continúan siendo de criterios variables.

Para las operaciones de mapeo y clasificación, la resolución y nivel de detalle alcanzada con los sensores evaluados en este estudio, permiten trabajar grandes extensiones de terreno de forma precisa, facilitando los trabajos de cuantificación, monitoreo y comprensión de la dinámica de los ecosistemas forestales.

La clasificación digital de imágenes Landsat MSS y TM presenta buenas inferencias sobre las coberturas forestales con respecto a la información espectral de la microcuenca. Las plataformas permiten identificar adecuadamente cuatro coberturas de vegetación, mostrando un buen grado de detalle en la visualización de los elementos presentes en el terreno debido a los distintos canales del espectro que presenta.

El empleo del estadístico Kappa para comparar cuantitativamente los procedimientos de clasificación de los sensores, permitió detectar que existe un grado de concordancia adecuado (1974,  $Kha=0.87$ ; 1990,  $Kha=0.83$ ; 2000,  $Kha=0.81$ ; 2011,  $Kha=0.77$ ) para el conjunto de clases de tipo de vegetación.

En términos generales, durante el lapso evaluado de 37 años, la microcuenca ha perdido unas 8,216 ha de bosque de pino, transformadas principalmente a bosques de encinos y otras hojosas, vegetación arbustiva, cultivos y pastizales. Con las imágenes de satélite se puede establecer un monitoreo continuo sobre la dinámica en los procesos de cambio que han

afectado a la zona de estudio en los 37 años de evaluación, y resulta evidente una marcada tendencia al retroceso de la cubierta forestal, en beneficio de la utilización agrícola y otra actividades productivas en la zona.

El índice de fragmentación encontrado en el área de estudio para el periodo analizado es variable, comportándose bajo en los primeros años del periodo (1974, 1990) con valores de Simpson de 0.56 y 0.68, y aumentando para años recientes (2000, 2011), con valores Simpson de 0.72 y 0.89.

En términos generales, durante el periodo analizado, resulta evidente el proceso de fragmentación de acuerdo a las métricas de paisaje analizadas.

## Literatura citada

- BUITEN, H.J. 1993. General view of remote sensing as source of information in Land Observation by remote Sensing: theory and applications, H.J.Buiten, J.G.P.W. Clevers (eds.). *Current topics in remote sensing*, Vol. 3. Gordon and Breach Science Publisher, Reading UK pp. 9-27.
- CARLEER, A. and E. Wolff. 2004. Exploitation of very high resolution satellite data for tree species identification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 70: 135-140.
- CHUVIECO, E. 2008. Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel. Barcelona, España.
- COHEN, W. B., M. Fiorella., J. Gray., E. Helmer and K. Anderson. 1998. An efficient and accurate method for mapping forest clearcuts in the Pacific Northwest using Landsat imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 64:293-300.
- EVERITT, J. H., Yang, C., Fletcher, R. S. and D.L. Drawe. 2006. Evaluation of high-resolution satellite imagery for assessing rangeland resources in South Texas. *Rangeland Ecol. Manage* 59:30-37.
- FRANKLIN, S. E., D. R. Connery, and J. A. Williams. 1994. Classification of alpine vegetation using Landsat Thematic Mapper, SPOT HRV and DEM data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 20: 49-56.
- LILLESAND, T., R.W. Keifer and J.W. Chipman 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons. New York. 768 p.
- LUNETTA, R.S., R.G. Congalton, L.K. Fenstermaker, R.J. Jensen, K.C. McGwire and L.R. Tinney. 1991. Remote sensing and geographic information system data integration: Error sources and research issues. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 57(6):677-687.
- MAS, J.F. y C.J. Sandoval. 2000. Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida «Los Petenes», Campeche, Méx. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del instituto de Geografía UNAM. 43: 42-59.
- MCGARIGAL, K. y B. Marks. 1995. *Fragstats: A spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure V2.0* (unpublished computer program user manual and guide). Oregon State University. Corvallis.
- MILLER, A.B, E.S. Bryant and R.W. Birnie. 1998. An analysis of land cover changes in the Northern Forest of New England using multitemporal Landsat MSS data. *International Journal of Remote Sensing* 19:245-265.

- PINEDO, A. 2008. Modelación de atributos de bosques templados con Landsat-TM y SPOT-HRV e índice de sitio como indicador de productividad. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 98 pág.
- PINTO, J. 2006. Evolución del paisaje y estado de conservación de la reserva forestal El Choré, *Kempffiana* 2(1):45-56.
- PLOURDE, L. and R. G. Congalton. 2003. Sampling Meted an Sample Placement: How Do They Affect the Accuracy of Remotely Sensed Maps? *Remote Sensing Journal* 24:289-297.
- REMPEL, R.S., D. Kaukinen. and A.P. Carr. 2012. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario.
- RODRIGUEZ, E., C.S. Morris and J. E. Belz. 2006. A Global assessment of the SRTM performance, *Eng. Remote Sensing* 72:249-260.
- SEGURA, R. y G. Trincado. 2003. Cartografía digital de la reserva nacional Valdivia a partir de imágenes satelitales Landsat TM. *Revista Bosque (Valdivia)* 24(2):43-52.
- WYNNE, H.R., R.G. Oderwald., G.A. Reams and J.A. Scrivani. 2000. Optical remote sensing for forest area estimation. *Journal of Forestry* 98: 31-36. 

Este artículo es citado así:

Griselda Vázquez-Quintero, Alfredo Pinedo-Álvarez, Carlos Manjarrez-Dominguez, Gerardo de León-Mata y Adriana Hernández-Rodríguez. 2013: *Análisis de la fragmentación de los bosques templados usando sensores remotos de media resolución espacial en Pueblo Nuevo, Durango*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(2): 88-98.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**GRISelda VÁZQUEZ QUINTERO.** Finalizó sus estudios de licenciatura en el 2008, obteniendo el título de Ingeniero en Ciencias Forestales en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Llevó a cabo sus estudios de posgrado en la misma institución, obteniendo el grado de Maestro en Ciencias en el área de manejo y conservación de recursos naturales en el año 2012. Actualmente es estudiante del programa de Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales (DICAF-UJED), forma parte, como auxiliar de investigación, del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA-UJED). Ha participado como ponente e instructor en temas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en congresos y eventos de investigación, publicación de artículos arbitrados e indexados en el campo de las ciencias forestales. Es consultor independiente en temas de monitoreo y evaluación de recursos naturales.

**ALFREDO PINEDO ÁLVAREZ.** Terminó su licenciatura en el 2002, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Ecología por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la misma facultad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de monitoreo y evaluación de recursos naturales en 2004 por la Universidad de Autónoma de Chihuahua y el grado de Doctor en Filosofía también en el área de monitoreo y evaluación de recursos naturales en el 2008 por la misma universidad. Desde el 2008 ha participado como docente, primero en la Universidad del Papaloapan del estado de Oaxaca como profesor-investigador con categoría de Académico titular C, después en la Universidad Juárez del Estado de Durango, donde laboró del 2008 al 2012. Actualmente es profesor-investigador para la Universidad Autónoma de Chihuahua en la Facultad de Agrotecnológicas. Su área de especialización es la aplicación de la geomática en la solución de los diversos problemas a los que se enfrentan los elementos ambientales. Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Es autor de artículos científicos, ha participado en ponencias en congresos, y capítulos de libros científicos, ha dirigido proyectos de investigación financiados por fuentes de financiamiento externas.

**CARLOS MANJARREZ DOMINGUEZ.** En el año 2001 egresó de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (Antes Fruticultura) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), obteniendo titulación automática por buen desempeño académico. En el 2004 obtuvo su grado de Maestría en Ciencias especialidad en Manejo de Recursos Naturales por la Facultad de Zootecnia (UACH). Realizó estudios de doctorado en la misma Facultad de Zootecnia; actualmente trabaja en su disertación doctoral sobre el tema de monitoreo y evaluación de recursos naturales. En el periodo del 2001-2003 colaboró en el Laboratorio de Geomática del Departamento de Recursos Naturales, coordinando proyectos de servicios y estudios de impacto ambiental. Se desempeñó como jefe del área técnica de Fundación Produce Chihuahua A. C, donde realizó actividades de evaluación y seguimiento de proyectos de investigación. Es profesor de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Chihuahua en donde se desempeña como Secretario de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas FACIATEC. Es autor de artículos científicos, ha participado en ponencias en congresos, y capítulos de libros científicos.

**GERARDO DANIEL DE LEÓN MATA.** Biólogo egresado del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana (antes ITA No. 1) en el año 2003. Maestro en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable egresado del Instituto Tecnológico Forestal No. 1 en el año 2005. Actualmente es estudiante del programa de Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales (DICAF-UJED). Fue técnico auxiliar en Recursos Naturales (Consultaría Privada) 2001-2002; Técnico del Instituto de Ecología A. C. Centro Regional Durango (2005); supervisor en el área de recepción y revisión de información en el INEGI (2006). Fue subdirector del Centro de Ecología Regional, A.C., (2006 a 2008). Asesor de la consultoría ambiental Consultores Ecológicos y Ambientales de Durango S.C. de 2008 a la fecha. Es Profesor-Investigador de Tiempo Completo de la carrera Ingeniería en Tecnología Ambiental en la Universidad Politécnica de Durango. Es responsable del cuerpo académico de Transferencia de Tecnología para el Desarrollo Sustentable. Las actividades principales han sido de manejo de sistemas de información geográfica, asesoría y prestación de servicios profesionales sobre el manejo sustentable de los recursos naturales, así como en torno a la investigación y educación superior en el estado de Durango. Es responsable técnico de 15 Unidades para la Conservación Manejo y Aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMAs) en Durango y Sinaloa. Es instructor en el diplomado en conservación de mamíferos y aves silvestres en los estados de la frontera norte de México (2007) e instructor de 12 cursos-taller sobre fauna silvestre en el estado de Durango. Es autor de la Guía de Aves de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (2007). Ha participado activamente en la elaboración de proyectos ante la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) y Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCYTEd).

**OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ.** Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Cursó la licenciatura en la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua, otorgándosele en 1985 el título de Ingeniero Fruticultor. Realizó estudios de posgrado en la misma Facultad, obteniendo en el año de 1994 el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola. Posee el Doctorado in Philosophia, con Área Mayor en Manejo de Recursos Naturales, grado conferido en 2008 por la Facultad de Zootecnia de la UACH. Se desempeña como Maestra de Tiempo Completo en la UACH desde 1986 y ha sido miembro del Cuerpo Académico CA-11 UACH Frutales de Zona Templada, desde el 2006. Es responsable de varios proyectos de investigación en proceso y concluidos a nivel licenciatura y maestría y actualmente es responsable técnico de un proyecto de investigación con financiamiento externo FOMIX Chihuahua-UACH. Ha participado como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales y en publicaciones de artículos científicos y de divulgación como autora y coautora.

# Tendencia de cambio espacio - temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana. Argentina

## Trend of spatio-temporal change for superficial runoff in a hilly watershed. Argentina

MARÍA ISABEL DELGADO<sup>1,2,3</sup>, FERNANDA JULIA GASPARI<sup>1</sup>  
Y GABRIELA ELBA SENISTERRA<sup>1</sup>

*Recibido: Abril 26, 2013*

*Aceptado: Julio 17, 2013*

### Resumen

El conocimiento específico del movimiento del agua en una cuenca hidrográfica permite su organización, ordenación y planificación. El objetivo del trabajo fue modelizar la tendencia de cambio espacio – temporal del escurrimiento superficial en una cuenca hidrográfica serrana experimental denominada Arroyo Belisario, en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. El volumen de escurrimiento superficial fue estimado utilizando el método del Número de Curva (NC), en el entorno del Sistema de Información Geográfica (SIG) Idrisi Taiga®. El Módulo Land Change Modeler permitió establecer la tendencia de cambio espacio – temporal del escurrimiento superficial en los últimos cuarenta y cinco años (1966 – 2011). El actual aumento en el volumen de escurrimiento superficial tuvo lugar principalmente en el Pastizal degradado, ubicado en la cuenca media y baja, debido al deterioro del suelo por compactación y degradación por sobrepastoreo. En la cabecera de la cuenca no se detectaron cambios de uso del suelo ni de producción de escurrimiento superficial. Se recomienda implementar medidas de manejo y conservación del suelo, principalmente en la zona media y baja de la cuenca del Arroyo Belisario, de modo de mitigar su degradación, evitando daños por excesos hídricos y sedimentarios a la población aguas abajo y al sistema en general.

**Palabras clave:** cuenca hidrográfica, escurrimiento superficial, número de curva, SIG.

### Abstract

Knowledge of water movement allows its proper management and planning over a watershed. The aim of this work was to model the trend of spatio – temporal change of runoff in a hilly watershed. The area of study is placed in the experimental watershed of the Belisario Creek, in the Southwest of the Buenos Aires province, Argentina. Runoff was determined using the Curve Number method (CN), within the Geographic Information System Idrisi Taiga®. Land Change Modeler allowed us to determine the trend of change for runoff, over the last forty five years (1966 – 2011). Increase of runoff volume for the present situation was mainly detected in the Depredated grassland, mainly due to soil compaction and degradation, caused by overgrazing. No changes in land use and runoff were detected in the upper watershed. It is recommended to implement conservation measures over the watershed, in order to mitigate its degradation and possible effects of future damages to people and watershed system as well.

**Keywords:** watershed, runoff, curve number, GIS.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Diagonal 113 N° 469, La Plata CP (1900), Buenos Aires, Argentina. Tel. 0054-221-423-6616.

<sup>2</sup> Becaria de Postdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: isabeldelgado@agro.unlp.edu.ar

## Introducción

La caracterización del ciclo hidrológico genera un diagnóstico básico para todo tipo de estudio en cuencas hidrográficas. Como mencionan Custodio y Llamas (1996), la infiltración expresa el volumen de agua procedente de las precipitaciones, atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo, indicando un movimiento vertical del agua en el suelo.

Por otra parte, el escurrimiento participa como el agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. A medida que circula desde las partes más lejanas hacia la desembocadura, fluye por los cauces incrementando su volumen hasta lograr el caudal pico, a partir del cual comienza suavemente a decrecer al poco tiempo de terminada la lluvia (Gaspari *et al.*, 2009). Particularmente, el escurrimiento superficial en áreas serranas se favorece por la presencia de pendientes pronunciadas y estratos semi-impermeables a poca profundidad.

Los componentes del ciclo hidrológico se pueden modelizar según una tendencia de cambio espacio – temporal, permitiendo analizar el carácter dinámico de la información incluida en el sistema (Gaspari *et al.*, 2009). La cuantificación del excedente superficial de una lluvia constituye la base en la planificación del recurso agua, sea para aumentar el proceso de infiltración en el suelo con el fin de mantenerla disponible para los cultivos, como para disminuir los caudales pico generadores de inundaciones por desborde de los cauces (Rodríguez Vagaría y Gaspari, 2010). El conocimiento de los factores intervinientes en los procesos hidrológicos de una cuenca hidrográfica es muy importante, debido a que es allí donde se capta y almacena el agua necesaria para diferentes usos del suelo o consumo urbano.

La vegetación retarda el flujo hídrico superficial otorgando tiempo adicional para penetrar al suelo (López Cadenas de Llano, 1998), limitando de este modo el escurrimiento

superficial y favoreciendo el proceso de infiltración. El empleo de herramientas geoinformáticas permite realizar estudios orientados a cuantificar las transformaciones del paisaje en relación a la dinámica del escurrimiento a nivel temporal y espacial (Aguayo *et al.*, 2009). Por su parte, el análisis espacio – temporal de la cobertura vegetal y uso del suelo permite conocer cómo se está utilizando una determinada zona y qué recursos permanecen en su estado natural (Sánchez *et al.*, 2003).

El Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos elaboró la Metodología del Número de Curva (NC), que permite determinar una adecuada aproximación del escurrimiento superficial (Kent, 1968). Se trata de un método empírico para el cálculo de la transformación de la lluvia en escorrentía, que surgió de la observación de los fenómenos hidrológicos en distintos tipos de suelo, diferentes usos y para distintas condiciones de humedad antecedente (López Cadenas de Llano, 1998; Gaspari *et al.*, 2009). El NC estima la abstracción inicial ( $I_0$ ) de la precipitación, considerada como el 20% de la máxima retención potencial (S) de cada complejo suelo – vegetación. El escurrimiento superficial o exceso de precipitación ( $P_e$ ), se establece en función de la precipitación acumulada (P) (US Army Corps of Engineers, 2000).

El objetivo del trabajo fue modelizar la tendencia de cambio espacio – temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana bonaerense, Argentina, para contribuir a la planificación del ordenamiento territorial de la misma.

## Materiales y Métodos

### *Caracterización del área en estudio.*

Se utilizó como área de estudio la cuenca hidrográfica del Arroyo Belisario, en las Sierras Australes del Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. Se sitúa geográficamente en 38° 04' Latitud Sur y 61° 55' Longitud Oeste (Figura 1).

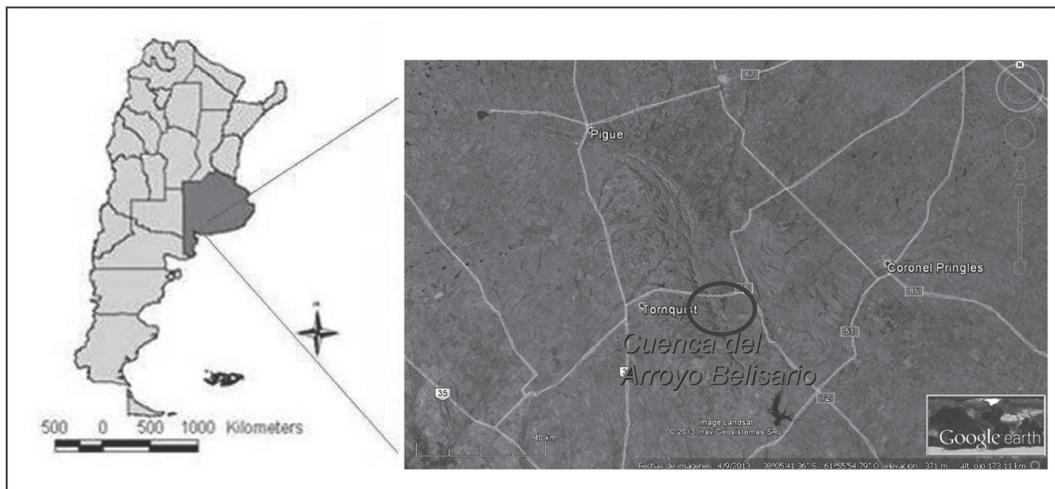
El Arroyo Belisario es afluente del Río Sauce Grande, con desembocadura en el Mar Argentino, en cuyo curso medio se ubica el Dique Paso de Las Piedras. La cuenca posee una superficie total de 2596 ha y un desnivel de 750 m, con cotas que varían desde los 350 msnm a los 1100 msnm (Delgado y Gaspari, 2010).

El clima es templado y subhúmedo seco (Burgos, 1963). La precipitación media anual a

nivel local es de 855 mm, según datos analizados para el período 1980-2006 (Delgado, 2012).

La zona en estudio se ubica fitogeográficamente en la Región Neotropical, Dominio Chaqueño, Provincia Pampeana, Distrito Pampeano Austral (Frangi y Bottino, 1995). El tipo de vegetación nativa predominante es la estepa gramínea representada por el pastizal serrano, que se encuentra conformado principalmente por especies del género *Stipa* spp. En relación al uso del suelo, además se evidencian actividades agropecuarias y urbanas. La urbanización se concentra en la localidad de Villa Ventana, cuya principal actividad es el turismo y recreación. La totalidad de sus calles es de tierra y presenta un importante arbolado urbano (Fotografía 1 a, b y c).

**Figura 1.** Ubicación del área de estudio. Cuenca del Arroyo Belisario.



**Fotografía 1.** Tipos de uso del suelo. a) Pastizal serrano; b) Actividad agropecuaria; c) Urbanización.



La dinámica geohidrológica predominante en el área de estudio es la combinación entre procesos de remoción en masa y el flujo de escurrimiento superficial, generado esporádicamente por lluvias torrenciales. Cuando los eventos pluviales son de características torrenciales se producen deslizamientos, coladas de barro y crecidas de los arroyos, entre otros procesos (Gil y Campo, 2009). Dentro de la cuenca son frecuentes los fenómenos de avenidas e inundaciones, con impactos negativos sobre la población (Casado *et al.*, 2007).

Esta región geográfica presenta escasez de datos de aforos, por lo cual se torna necesario realizar simulaciones hidrológicas a través de herramientas geoinformáticas.

#### *Estimación del escurrimiento superficial.*

Se desarrolló un modelo dinámico geoespacial con el SIG Idrisi Taiga®, de modo de elaborar una modelización espacio - temporal del escurrimiento superficial, aplicando el método del Número de Curva, a escala 1:50.000. El procesamiento se realizó por una tabulación cruzada de la cartografía de cada una de las variables que integran el método, a través del desarrollo de un Modelo Cartográfico Algebraico, generando la zonificación del escurrimiento superficial (Pe). Se consideró como restricción que Pe es nulo hasta que la lluvia exceda la abstracción inicial (I<sub>0</sub>).

El análisis geoespacial de las variables para la determinación del NC se inició a partir del procesamiento del mapa de suelos (Kosarik, 1967; IOVIF, 1970; Lores *et al.*, 1979 y Hauri, 2006) y la Hoja 3963-6-1, elaborada por el Instituto de Suelos del INTA Castelar (1987). A partir de las distintas fuentes, se definió el Grupo Hidrológico (GH), el cual es utilizado en ambos escenarios para expresar las características texturales y de permeabilidad edáfica (Mintegui Aguirre y López Unzú, 1990; Chow *et al.*, 1994; Gaspari *et al.*, 2007).

La zonificación espacial del uso del suelo se estableció para el año 1966, a partir de la interpretación de fotografías aéreas, corroborada

con información elaborada en 1970 por el Instituto de Ordenación de Vertientes e Ingeniería Forestal (IOVIF, 1970; Lores *et al.*, 1979), considerándose como escenario 1. Para el estudio de la situación en el año 2011 se utilizó la información relevada a campo, con apoyo de imágenes de Google Earth®, definiendo el escenario 2.

Determinada la distribución espacial del GH y la del uso del suelo en la cuenca, se estableció el NC para las dos fechas consideradas, según tablas del SCS-USDA (1964) (Mintegui Aguirre y López Unzú, 1990; López Cadenas de Llano, 1998 y Chang, 2006).

La zonificación temporal del escurrimiento en la cuenca del Arroyo Belisario se desarrolló por medio del análisis pluviográfico torrencial modal, definida para el período 1966 - 2011. La lluvia fue de 106 mm, con una intensidad máxima de 30 mm en 30 min. La curva de masa de lluvia (mm), establecida con un intervalo de tiempo de 30 min, fue la siguiente: 0-30-44-49-51-53-57-58-59-60-61-80-88-93-100-103-106.

La evaluación y modelización de la tendencia de cambio espacio - temporal del escurrimiento superficial en el período 1966 - 2011 se realizó por medio de la aplicación del Módulo Land Change Modeler (LCM) de Idrisi Taiga®. Según Crespo *et al.* (2010) este módulo se utiliza para analizar cambios, proyectando su tendencia y evaluando sus implicancias. El mismo fue aplicado en este estudio para definir y zonificar la variación en la distribución de los rangos de escurrimiento superficial

El análisis final entre ambos escenarios se obtuvo por la aplicación de la tasa de cambio, calculada a partir de la siguiente ecuación (FAO, 1996; Echeverría *et al.*, 2006):

$$TCE = [100 / (t_2 - t_1)] \times \ln(s_2 / s_1)$$

Donde TCE es la tasa de cambio del escurrimiento por año (%).

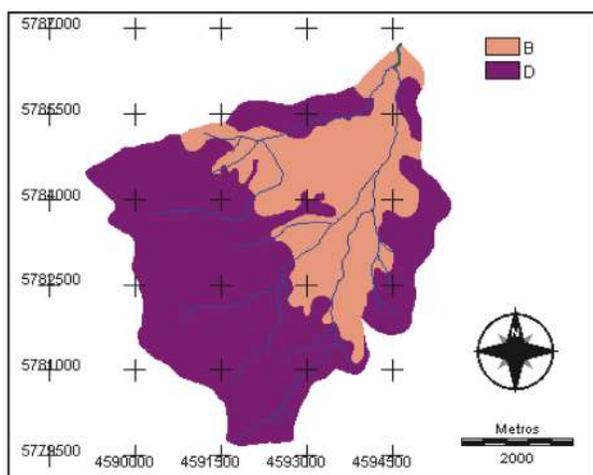
S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub> corresponden a la superficie de ocupación (ha) en el tiempo t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> (año), según escenario, respectivamente.

## Resultados y Discusión

### *Generación de los mapas base.*

A partir de la cartografía edáfica se zonificó el GH en la cuenca (Figura 2), definiendo la presencia de dos grupos hidrológicos: B y D, con una superficie de ocupación de 856 ha y 1740 ha, respectivamente.

**Figura 2.** Mapa de Grupos Hidrológicos.



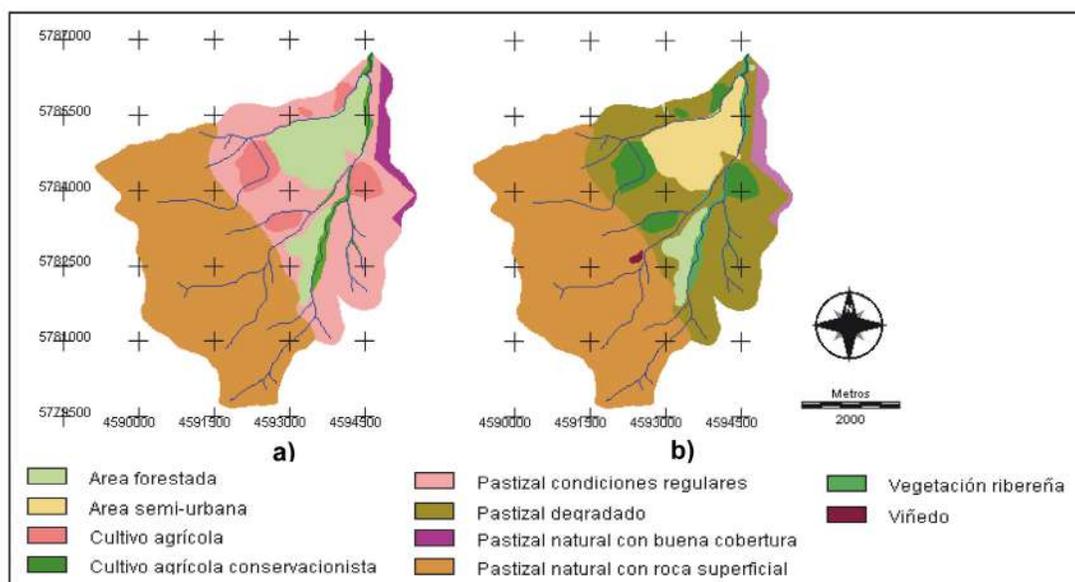
A la escala de trabajo utilizada (1:50.000), se diferenciaron dos Unidades Cartográficas de

Suelo (UCS) dentro de la cuenca: (Duf 2 y R). La UCS Duf2 se caracteriza por una pendiente pedemontana media, 1-3 por ciento y se integra de tres unidades taxonómicas (series), en la siguiente proporción: 40% por Dufaur (textura limosa fina, material originario constituido por loess sobre tosca, de escurrimiento medio y permeabilidad moderada), 40% por Napostá (textura franca fina, escurrimiento medio a rápido, permeabilidad moderada a lenta), y un 20% por Tres Picos (escurrimiento medio a rápido, algo excesivamente drenado, presencia de tosca a los 80 cm). Por su parte, la UCS R no reúne las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. El componente taxonómico tiene una posición de loma, representado por afloramientos rocosos.

En el Cuadro 1 se presenta una descripción de los tipos de uso del suelo identificados dentro de la cuenca y el cambio producido en el período de estudio.

En la Figura 3 se expone la zonificación del uso del suelo correspondiente a los escenarios analizados.

**Figura 3.** Mapa de uso del suelo. Año 1966 (a) y año 2011 (b).



**Cuadro 1.** Uso del suelo en los dos escenarios analizados.

1966	2011
Área forestada: abarca dos sectores con cobertura arbórea recién implantada conformando el diseño urbanístico de Villa Ventana.	Área forestada: compuesta por especies arbóreas exóticas, adultas con fines recreativos y paisajísticos.  Área semi-urbana: se corresponde con Villa Ventana.
Cultivos agrícolas: presencia de áreas sembradas con cultivos anuales.	Cultivo agrícola conservacionista: cultivos anuales, con incorporación de curvas de nivel y fajas.
Pastizal en condiciones regulares: pastizal natural sometido a pastoreo de ganado vacuno.	Pastizal degradado: el sobrepastoreo generó la compactación del suelo y degradación del pastizal.  Viñedo: presencia de cultivo de vid.
Pastizal natural con buena cobertura: representado por cobertura herbácea natural, en buenas condiciones.	
Pastizal natural con roca superficial: compuesto por especies herbáceas de bajo porte, de características xerófitas, desarrolladas sobre material rocoso y suelo de escasa profundidad.	
Vegetación ribereña: comprendida principalmente por pastizal, arbustos y especies forestales.	

En el Gráfico 1 se presenta la superficie de ocupación asignada (ha) de cada uso del suelo.

La superficie de ocupación de los usos del suelo Vegetación ribereña, Viñedo y Pastizal natural con buena cobertura no presentó modificaciones entre ambos escenarios analizados. Por su parte, el Pastizal natural con roca superficial disminuyó su superficie de ocupación sólo en 4 hectáreas, las cuales pasaron a conformar el uso del suelo denominado Viñedo, en el escenario 2011. El Área

forestada disminuyó su superficie para el escenario 2011, ya que 227 ha fueron asignadas al Área semiurbana.

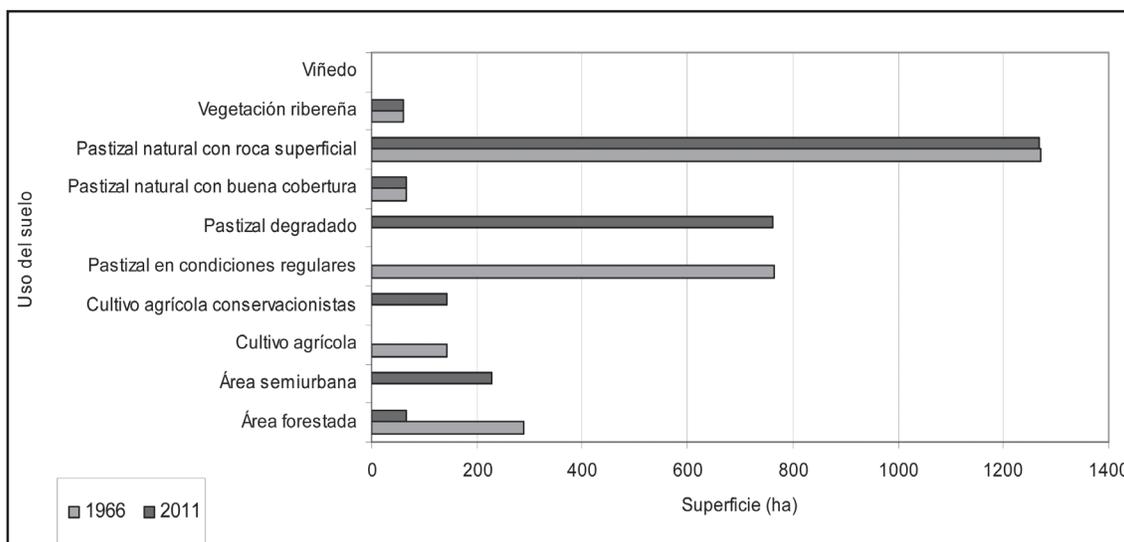
Se destaca la aparición de otros nuevos usos en el escenario 2011, tales como el Pastizal degradado (763 ha) y el Cultivo con prácticas conservacionistas (142 ha).

*Número de Curva y cálculo del escurrimiento.*

La reclasificación de los valores de NC permitió obtener cuatro rangos cuya zonificación se presenta en la Figura 4 a) y b). Este reagrupamiento definió áreas con respuesta hidrológica similar ante un evento pluvial torrencial.

La superficie de ocupación del rango de NC < 65 disminuyó del escenario 1966 (341 ha) al escenario 2011 (132 ha). La superficie asignada al segundo rango de NC (66 – 75), se mantuvo constante entre ambos periodos analizados. En el año 1966, el 72% de la cuenca (1869 ha) se encontraba ocupado por los dos últimos rangos de NC (valores mayores a 76), pero en el año 2011 el NC > 76 incrementó su ocupación al 80% de la cuenca (2077 ha), indicando una mayor probabilidad de generación de escurrimiento superficial. Particularmente, se evidenció un gran incremento del NC > 85, de 12 ha en 1966 a 450 ha en 2011, representando un incremento areal del 17%.

**Gráfico 1.** Superficie de ocupación del uso del suelo (ha), escenarios 1966 y 2011.



En coincidencia con los estudios realizados en Chile por Aguayo *et al.*, (2009), el área en estudio ha sufrido modificaciones en casi todas las coberturas, donde los mayores cambios se produjeron entre el área forestada y la urbanización de la misma. En el caso del Cultivo agrícola, este ha mejorado su condición hidrológica debido a la implementación de medidas conservacionistas. En dirección contraria, el sobrepastoreo generó un aumento del NC.

Con la zonificación expresada en la Figura 4, la distribución espacial de escurrimiento para las dos fechas analizadas refleja cambios en la capacidad de la cuenca para producir escurri-

miento (Figura 5). Este análisis reveló que la alteración de la cobertura vegetal es un proceso clave que regula la dinámica hídrica del sistema cuenca. Como mencionan Castelán Vega *et al.* (2007), al realizar un balance de las tasas de cambio de uso del suelo puede observarse que los procesos se están acelerando, por lo que urge el desarrollo y aplicación de programas sustentables, enfocados al aprovechamiento racional de los recursos naturales en cuencas hidrográficas.

El modelo dinámico geoespacial utilizado permitió elaborar la modelización espacio - temporal del escurrimiento superficial por aplicación del NC (Figura 5).

Figura 4. Zonificación del NC: año 1966 (a) y año 2011 (b).

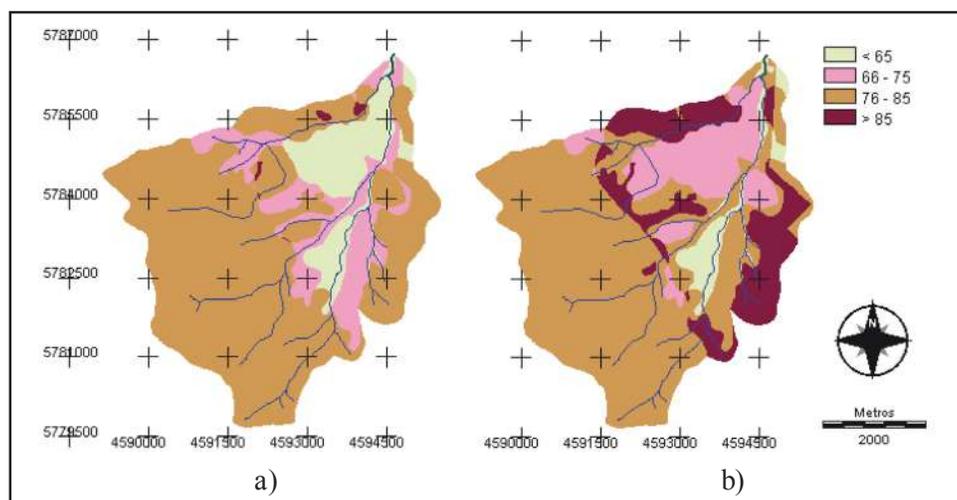
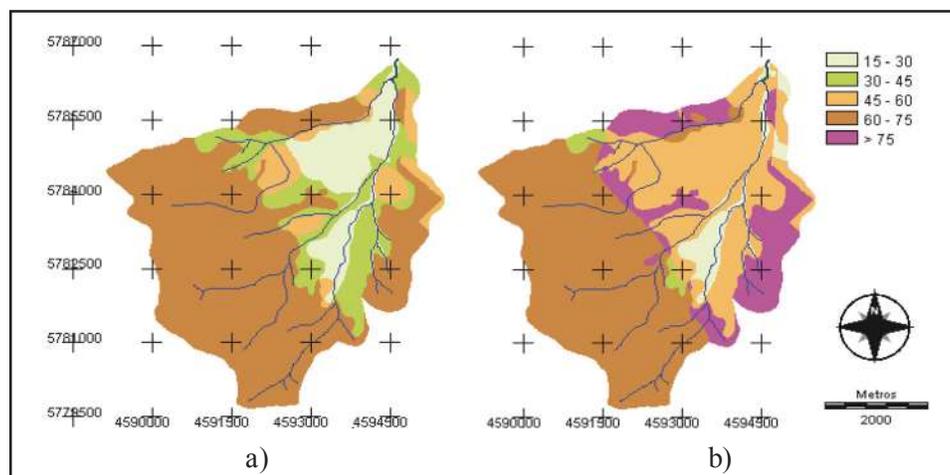


Figura 5. Escurrimiento superficial estimado (mm): año 1966 (a) y 2011 (b).



Se observa un aumento del escurrimiento superficial en la cuenca, principalmente evidenciado a partir del desplazamiento del sector medio y bajo de la cuenca desde las categorías inferiores hacia la categoría intermedia de 45-60 mm. Este desplazamiento hacia la categoría de 45-60 mm, ocurrido en suelos con GH B, se debe a dos motivos: por un lado al deterioro del suelo por compactación y degradación, producido por el aumento de la carga animal en tierras dedicadas a ganadería y al aumento de la urbanización en el sector correspondiente a Villa Ventana. Respecto al proceso de urbanización de Villa Ventana, se coincide con el estudio elaborado en Chile por Henríquez *et al.* (2006), en cuanto a la extrema importancia de la planificación del desarrollo y crecimiento de los centros urbanos, de modo de evitar los posibles daños causados por el aumento de la escorrentía superficial.

Por su parte, en los suelos con GH D, los rangos de escurrimiento superan los 75 mm en el año 2011, ocupando el 16% (415 ha) de la superficie total de la cuenca, siendo la causa principal el sobrepastoreo. Los resultados alcanzados coinciden con investigaciones de otros autores, realizadas a nivel regional (Frangi y Barrera, 1996; Lizzi *et al.*, 2007), donde se menciona el deterioro de los pastizales causado por especies herbívoras introducidas, así como la disminución de la incidencia de este proceso en las tierras de mayor altitud.

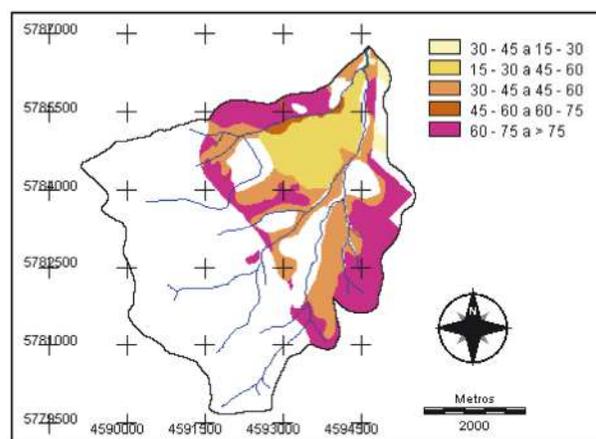
Por su parte, la cabecera de la cuenca ha permanecido sin alteraciones en cuanto al rango de escurrimiento estimado, debido a que el tipo de uso del suelo no ha variado. En esta zona, la conservación de la vegetación en buen estado puede asegurar un servicio ambiental hidrológico en la cuenca.

*Variación espacio temporal por medio del módulo LCM.*

La ejecución del Módulo LCM de Idrisi Taiga® proyectó las implicancias del exceso hídrico superficial en la cuenca del Arroyo

Belisario para el período 1966 - 2011. Como fuera mencionado previamente, en la cabecera de la cuenca (zona en color blanco) no se han presentado cambios en el rango de escurrimiento superficial, debido a la homogeneidad en el uso del suelo en el período analizado. En la Figura 6 se presenta la transición de caudal de escurrimiento superficial.

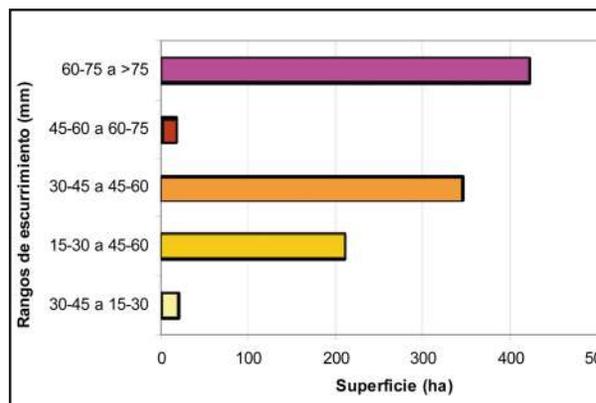
**Figura 6.** Mapa de transición entre rangos de escurrimiento superficial.



Categorías para 1966 a 2011 (mm): 1) 30 – 45 a 15 – 30; 2) 15 – 30 a 45 – 60; 3) 30 - 45 a 45 – 60; 4) 45 – 60 a 60 – 75; 5) 60 – 75 a > 75.

En el Gráfico 2 se expresa la superficie neta de cambio entre los distintos rangos de escurriendo superficial, en el período bajo análisis.

**Gráfico 2.** Superficie neta de cambio entre rangos de escurrimiento.



En el Cuadro 2 se presenta la tasa de cambio del escurrimiento superficial, analizada por rangos.

**Cuadro 2.** Tasa de cambio del escurrimiento superficial, período 1966 – 2011.

Rango de Escurrimiento (mm)	Tasa de Cambio (%)
15 - 30	- 1,99
30 - 45	- 5,24
45 - 60	2,87
60 - 75	0,62
> 75	25,70

En el Cuadro 2 se observa un incremento superior al 25% en la tasa de cambio en el rango mayor a 75 mm, que evidencia el avance en el actual estado de degradación de la cuenca, respecto del escenario planteado para 1966. En concordancia con Mintegui Aguirre y López Unzú (1990), se considera que de no incorporar medidas conservacionistas en el corto plazo, en una determinada cuenca hidrográfica, el volumen de escurrimiento seguirá aumentando, generando de este modo un impacto directo en el deterioro del suelo, como así también en la calidad y cantidad del recurso hídrico por arrastre y acarreo de sedimentos. Se coincide con Chow *et al.* (1994), en cuanto a que la calidad y cantidad del rendimiento hídrico se vuelve crítico al analizar el comportamiento integral de una cuenca hidrográfica.

Al igual que los resultados alcanzados por Ángeles y Gil (2006), se reveló un alto grado de fragilidad ambiental de la cuenca, como consecuencia directa de la interrelación de eventos naturales y la acción antrópica, observándose un alto grado de fragilidad en ciertos sectores, como consecuencia de un deficiente planeamiento a nivel local.

Según lo expresado por Sánchez *et al.* (2003), los resultados obtenidos a partir de este tipo de análisis aportan elementos que pueden ser empleados en la toma de decisiones dentro del proceso de planeación del uso de la tierra, como parte del proyecto de apoyo al plan de manejo territorial de la cuenca.

## Conclusiones

La metodología de análisis espacial y la disponibilidad de información previa fue suficiente para describir la dinámica del escurrimiento en la cuenca y para cuantificar y analizar la tendencia de cambio en el uso del suelo y la respuesta hidrológica a lo largo de los últimos 45 años.

La modelización cartográfica de la tendencia de cambio del escurrimiento superficial expresó, a través del análisis espacio – temporal, un incremento netamente asociado al cambio de uso del suelo. Este efecto presupone que frente a la falta de un ordenamiento del territorio, el escurrimiento superficial continuará incrementándose y, consecuentemente, los problemas derivados del mismo, particularmente en la cuenca baja. La cabecera de la cuenca expresó un leve o nulo cambio en la generación de escurrimiento debido a que se mantuvieron las condiciones de uso del suelo.

Se recomienda implementar medidas de manejo y conservación del suelo, específicamente en el área correspondiente al Pastizal degradado (el cual abarca actualmente el 30% de la superficie total de la cuenca), con el fin de mitigar su degradación; evitando de este modo daños por excesos hídricos / sedimentarios a la población aguas abajo y al sistema cuenca en general.

A partir de la escasez de datos de aforos en la región, el desarrollo del modelo de tendencia espacio – temporal del escurrimiento superficial en la cuenca del Arroyo Belisario constituye un instrumento informático útil para el establecimiento de pautas de manejo del recurso hídrico, tendientes a la conservación del suelo, al manejo integrado de los cultivos y al control de la ganadería.

Los resultados obtenidos contribuirán en la elaboración de una futura propuesta de planificación tendiente a un ordenamiento territorial a nivel de la cuenca. La validación de los mismos se podría realizar por medio de la instalación de parcelas de escurrimiento para los diferentes usos del suelo.

## Literatura citada

- AGUAYO, M., Pauchard, A., Azocar, G. y O. Parra. 2009. Cambio de uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 361-374.
- ÁNGELES, G. R. y V. Gil. 2006. Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina). *GeoFocus* (6): 138-151.
- BURGOS, J. J. 1963. Las heladas en la República Argentina. INTA. Colección Científica, Vol. 3. 388 pp.
- CASADO, A.L.; Gil, V. y A. Campo. 2007. Consecuencias de la variación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del arroyo El Belisario, Buenos Aires, Argentina. *Huellas* (11): 9-26.
- CASTELAN VEGA, R.; Ruiz Careaga, J.; Linares Fleites, G.; Perez Aviles, R. y V. Tamariz Flores. 2007. Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. *Investigaciones Geográficas* 64: 75-89.
- CHANG, M. 2006. Forest hydrology. An introduction to water and forests. Second edition. Taylor & Francis Group. USA. 473 pp.
- CHOW, V.; Maidment, D. y L. Mays. 1994. Hidrología Aplicada. Editorial Mc Graw Hill. Colombia. 584 pp.
- CRESPO, R. J.; Ares, G.; Sfeir, A.; Wingeyer, A.B y E. Usunoff 2010. Efecto de la labranza y la cobertura vegetal sobre el escurrimiento y la pérdida de suelo en la región central de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo* 42 (1): 93-106.
- CUSTODIO, E. y M.R. Llamas. 1996. Hidrología Subterránea. Tomo I. Segunda edición. Ediciones Omega. España. 1157 p.
- DELGADO, M.I. y F.J. Gaspari. 2010. Caracterización morfométrica geoespacial de una cuenca hidrográfica. Estudio de caso: Cuenca del Arroyo Belisario, Argentina. *Tecnociencia Chihuahua* Vol. IV (3): 154-163.
- DELGADO, M.I. 2012. Tesis de Doctorado en Ingeniería, Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Título de la Tesis: Comportamiento hidrológico en ambientes serranos. Estudio de caso cuenca del Arroyo Belisario. Provincia de Buenos Aires. 200 pp. Inédito.
- ECHEVERRÍA, C., Coomes, D., Salas, J., Rey Benayas, J; Lara, A. y A. Newton. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forest. *Biological Conservation* 130:481-494.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 1996. Forest resources assessment. Survey of tropical forest cover and study change process. Rome N° 26. 152 pp.
- FRANGI, J y M. Barrera. 1996. Biodiversidad dinámica de los pastizales en la Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. Pp 134-162. in: G. Sarmiento y M. Cabido (ed). Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina. Mérida.
- FRANGI, J. y Bottino, O. 1995. Comunidades vegetales de Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 71(1): 93-133.
- GASPARI, F.J.; Senisterra, G.E. y R.M. Marlats. 2007. Relación precipitación – escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso de la cobertura del suelo aplicada a una cuenca modal del Sistema Serrano de la Ventana. Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cuyo* 34(1): 21-28.
- GASPARI, F.J.; Senisterra, G.E.; Delgado, M.I.; Rodríguez Vagaría, A. y S. Besteiro. 2009. Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas. Primera Edición. La Plata. 321 pp.
- GIL, V. y A. Campo. 2009. Disponible on line. (Último acceso: 10/12/10). Sitio web: [http://egal2009.easyplanners.info/area07/7181\\_Gil\\_Veronica.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7181_Gil_Veronica.pdf)
- HAURI, B. A. 2006. Determinación de la erosión hídrica superficial asociada al uso de la cobertura del suelo en la cuenca hidrográfica del arroyo Belisario. Tesis de Magister Scientiae en Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, FCAYF, UNLP. 113 pp.
- HENRÍQUEZ, C. Azócar, G. y M. Aguayo. 2006. Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *Geografía Norte Grande* 36: 61-74
- INTA. 1987. Cartas de Suelos de la República Argentina. Hoja 3963-6-1. Instituto de Suelos Castelar. Buenos Aires.
- IOVIF. Instituto de Ordenación de Vertientes e Ingeniería Forestal. 1970. Informe Final Anexo Técnico IV. Proyecto de corrección del Arroyo Belisario – Centro de Estudios Florentino Ameghino. FAO/SF:77/ARG 9. Roma. 89 pp.
- KENT, K. M. 1968. A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds. SCS-TP-149. USA Soil Conservation Service. 63 p.
- KOZARIK, J. C. 1967. Estudio preliminar del estado natural de la cuenca Arroyo Belisario para su futura ordenación. Tesis de Grado. Pp. 53.
- LIZZI, J.M., Garbulsky, M., Golluscio, R. y A. Deregiibus. 2007. Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral* 17: 217-230.
- LÓPEZ CADENAS DE LLANO, F. 1998. Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión. Ed. TRAGSA. Madrid. 945 pp.
- LORES, R. R.; J. U. Ulibarrena; C. Schoeder; J. M. Kozarik; J. E. Bruno y J. E. Nowisk. 1979. Suelos, control del escurrimiento y de la sedimentación en un área demostrativa de Tornquist – Provincia de Buenos Aires. Publicado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Colección científica – Tomo XVIII. 243 pp.
- MINTEGUI AGUIRRE, J. A. y López Unzu, F. 1990. La ordenación agrohidrológica en la planificación. I parte. Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco. 172 pp.
- RODRÍGUEZ VAGARÍA, A.M y F.J. Gaspari. 2010. GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG Idrisi Andes®. *GeoFocus* 10: 11-26.
- SÁNCHEZ, J., Bocco, G., Fuentes, J. y A. Velázquez. 2003. Análisis de cobertura y uso del terreno en el contexto de su dinámica espacio-temporal. En Velázquez, A., Torres, A. y G. Bocco (comps.) Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 235-256.
- SOIL CONSERVATION SERVICE – U.S DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1964. Section 4 Hydrology. Part 1: Watershed Planning. USA. 26 pp.
- US ARMY CORPS OF ENGINEERS. 2000. Hydrologic Engineering Center. Hydrologic Modeling System HEC-HMS. Technical Reference Manual. 149 pp. 

Este artículo es citado así:

Delgado, M. I., F. J. Gaspari y G. E. Senisterra. 2013: *Tendencia de cambio espacio - temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana. Argentina. TECNOCENCIA Chihuahua* 7(2): 99-109.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**MARÍA ISABEL DELGADO.** En el año 2005 obtuvo el título de Ingeniera Forestal en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). En el año 2009 obtuvo el título de Magister Scientiae en Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, en la misma institución. En diciembre de 2012 defendió su Tesis Doctoral en la Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. Actualmente se desempeña como becaria Postdoctoral del CONICET; a su vez, desde el año 2006 desarrolla tareas docentes en el curso de Manejo de Cuencas Hidrográficas (FCAyF-UNLP). Su área de especialización es el manejo de cuencas y la conservación del recurso suelo y agua. Ha codirigido una tesis de Maestría. Es coautora de 15 artículos científicos y 3 libros de la especialidad. Ha presentado más de 29 trabajos en Congresos y eventos científicos.

**FERNANDA JULIA GASPARI.** Ingeniera Forestal, y Magister Scientiae Conservación y Gestión del Medio Natural. Doctora en Ingeniería Hidráulica. Con 19 años en docencia universitaria, siendo actualmente en Grado Profesora Adjunta a Cargo del Curso de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. En Post-Grado se desempeña como Codirectora de la Maestría en Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, siendo además Profesora a cargo de dos cursos. Entre sus publicaciones se encuentran 8 libros, 8 capítulos de libro, 25 artículos en revistas y 82 trabajos en congresos. Ha realizado 22 informes técnicos y informes, y organizado 6 convenios inter-institucionales. Dirigió 10 tesis de Maestría; y actualmente tiene 2 en desarrollo. Dirige 3 tesis de doctorado. Ha dirigido 4 becas de experiencia laboral y 3 becas de Postgrado.

**GABRIELA ELBA SENISTERRA.** Ingeniero Forestal recibida en la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) en el año 1980. Es docente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP) desde el año 1983, desarrollando tareas en los cursos de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Mejoramiento Genético Forestal. Participa en proyectos de Incentivos a la Investigación desde el año 1999. Entre sus publicaciones se encuentran 4 libros, 26 artículos en revistas científicas y 50 publicaciones en congresos, simposios y jornadas de la especialidad.

# Guía para autores de escritos científicos

## Política editorial

Son bienvenidos manuscritos originales e inéditos de tipo científico, tecnológico o humanístico, los cuales deberán estar escritos con 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 cumpla con el formato y contenido establecido por las normas editoriales de *TECNOCENCIA Chihuahua*. Una vez revisado, los editores asociados determinarán su viabilidad para ser publicado; enseguida, se 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 la evaluación de escritos 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 el 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. Sólo serán aceptados trabajos basados en encuestas donde se incluyan mediciones, organización, análisis estadístico, prueba de hipótesis e inferencia sobre los datos obtenidos del estudio.

## Lineamientos generales

Se aceptan manuscritos originales e inéditos, producto de la creatividad del o los autores, cuyos resultados de investigación no hayan sido publicados parcial o totalmente (excepto como resumen de algún congreso científico), ni estén en vías de publicarse en otra revista (nacional o internacional) o libro. Para tal fin, el autor y coautores deberán firmar la carta de autoría, donde declaran que su trabajo no ha sido publicado o enviado para su publicación simultáneamente en otra revista; además, en dicho documento señalarán estar de acuerdo en aceptar las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial Internacional de la *Revista*

*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 cuyos resultados experimentales se obtuvieron sin un método estadístico apropiado.

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

## Manuscritos

Se entregarán cuatro copias impresas y una versión electrónica del manuscrito. También podrán remitirse los manuscritos a las direcciones

electrónicas de la revista que fueron mencionadas anteriormente pero la carta de presentación, firmada debidamente por los autores, deberá entregarse personalmente en las oficinas de la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chihuahua; 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 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 2003 o posterior, para Windows XP o versión más reciente; todo texto se preparará utilizando la fuente Arial en 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 cm 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 (opcional).
- f. Literatura citada.

**Página de presentación.** 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; 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.

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

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

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

Carmelo Pinedo-Álvarez<sup>1,3</sup>, Rey Manuel Quintana-Martínez<sup>1</sup>  
y Martín Martínez Salvador<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada, Km 1 de la Carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. Chihuahua, Chih., México, 31031. Tel. (614) 434-0303.

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

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

**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; por ejemplo: «*Estudio de . . . ; Influencia de la . . . , Efecto del . . . ; Relación de...*», entre otros.

**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 facilita al lector decidir si lee todo el escrito. En la segunda página se debe incluir un resumen que no exceda 250 palabras. Aquí se indicarán la justificación y objetivos del estudio; una breve descripción de la metodología empleada; una descripción de 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 ha*), 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 este elemento del escrito científico.

### Introducción

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

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

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

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

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

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

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

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

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).
- 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 este apartado, se puede dar 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. Los cuadros y gráficas deberán dejarse como objetos editables (no como imágenes insertadas), con el propósito de modificarlos 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:

#### Figuras

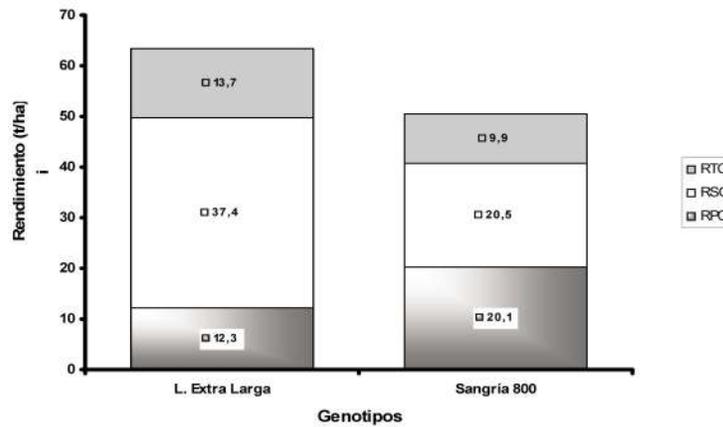
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apegarse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

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 e imágenes incluidas en el manuscrito deben ser en blanco y negro, en formato *tif* ó *jpg* con 300 puntos de resolución y el archivo original por separado.

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

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrado medio	F <sub>c</sub> calculada	Significancia P <sub>r</sub> > F <sub>t</sub>
Colector	3	4306.25	1435.42	2.68	0.1099
Día	3	214118.75	71372.92	133.30	0.0001
Error	9	4818.75	535.42	-	-
Total	15	223243.75	Desv. Estándar =	23.14	
Estimadores	CV <sub>(%)</sub>	10.9	Media =	211.9	

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



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

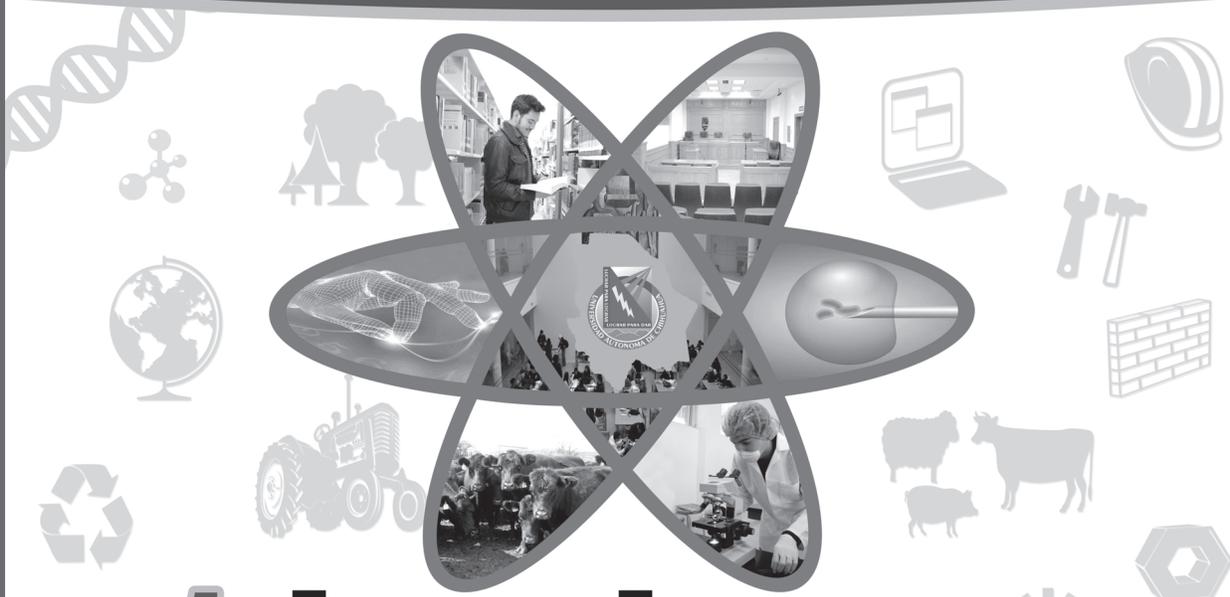
Unidades	Abreviatura	Unidades	Abreviatura
cal	Caloría(s)	ml	Mililitro (s)
cm	Centímetro(s)	mm	Milímetro (s)
°C	Grado centígrado(s)	min	Minuto (s)
DL <sub>50</sub>	Dosis letal 50%	ng	Nanogramo (s)
g	Gramo(s)	P	Probabilidad (estadística)
ha	Hectárea(s)	p	Página
h	Hora (s)	PC	Proteína cruda
i. m.	Intramuscular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

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

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

en los 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 libitum*. 

La Universidad Autónoma de Chihuahua y el  
**Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**  
 convocan al



**1<sup>er.</sup> Encuentro Estatal de Jóvenes Investigadores**  
**“Todo tiene su Ciencia”**

**Lugar y fecha:** Biblioteca y Auditorio de la DES de Ingeniería y Salones de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua.  
 Circuito Universitario Campus II.  
 Jueves 21 y viernes 22 de Noviembre de 2013, a partir de las 9:00 hrs.  
 Chihuahua, Chih. México.

**Dirigida a:** Jóvenes estudiantes de IES Públicas y Privadas del Estado de Chihuahua que se encuentren cursando los últimos semestres de su licenciatura o ingeniería, así como de aquellos que tengan seis o menos meses de haber egresado, que estén conduciendo o hayan realizado un trabajo formal de investigación o desarrollo tecnológico.

**Objetivo:** Despertar y fortalecer la creatividad e innovación de los estudiantes de los últimos semestres de licenciatura fomentando su vocación científica, generando experiencias de aprendizaje a través del desarrollo de competencias de comunicación oral y escrita, propiciando su interacción con profesores investigadores de las IES participantes, coadyuvando de esta manera al aseguramiento de la calidad educativa, al fortalecimiento de las capacidades para la generación y aplicación innovadora del conocimiento y el fomento a la colaboración e intercambio académico entre campus y Dependencias de Educación Superior de la Universidad así como con otras Instituciones de Educación Superior del Estado de Chihuahua.

**Modalidades de participación:** Los jóvenes investigadores podrán optar por una presentación oral o en cartel de los resultados parciales o finales en una de las siguientes Áreas de Investigación:

- I. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
- II. Ciencias de la Salud
- III. Ciencias Jurídicas y Sociales
- IV. Ciencias Económicas y Administrativas
- V. Ingeniería y Desarrollo Tecnológico
- VI. Tecnología de Alimentos
- VII. Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente
- VIII. Ciencias de la Educación

**Premios:** Se otorgarán estímulos económicos en cada una de las áreas de investigación de acuerdo a los siguientes montos:

Modalidad	1° Lugar	2° Lugar	3° Lugar
Presentación Oral	\$3,000.00	\$2,500.00	\$2,000.00
Presentación en Cartel	\$2,000.00	\$1,500.00	\$1,000.00

**Periodo de recepción electrónica de propuestas:** Del 16 de septiembre al 25 de octubre de 2013.  
**Notificación de aceptación de las propuestas evaluadas:** Del 14 de octubre al 5 de noviembre de 2013.

**Direcciones electrónicas para recepción de propuestas:**  
**Dirigirlas a:** crivera@uach.mx  
**Copia para:** laguirre@uach.mx

**Para descargar la convocatoria completa consulta el portal de Inetnet:** [www.uach.mx](http://www.uach.mx)





**LEONORA CARRINGTON**  
Exposición temporal en la Ciudad de Chihuahua, 2013



AYUNTAMIENTO DE  
**CHIHUAHUA**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
**CHIHUAHUA**