

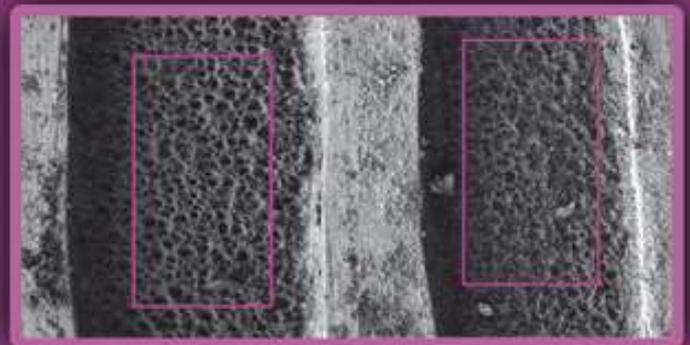
TECNOLOGÍA CIENCIA

Chihuahua

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



Modelación geoespacial del potencial natural de bosques templados en Pueblo Nuevo, Durango



Fabricación de un detector de N₂O a base de un polímero conductor



Evaluación del comportamiento posdestete en corral de futuros sementales ovinos de raza Katahdin y Pelibuey en Sonora



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 1, Enero-Abril 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		
El científico frente a la sociedad		Ingeniería y Tecnología	
Tendencias del procesamiento computacional: bioinformática y cómputo ubicuo		Fabricación de un detector de N ₂ O a base de un polímero conductor	
<i>Luis Carlos González-Gurrola</i> <i>Fernando Martínez-Reyes</i>	1	<i>Luisa Yolanda Quiñones-Montenegro</i> <i>Eduardo Herrera-Peraza</i> <i>Laura Ortega-Chávez</i>	25
Alimentos		Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable	
Evaluación del comportamiento posdestete en corral de futuros sementales ovinos de raza Katahdin y Pelibuey en Sonora		Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite (<i>Prosopis</i> <i>laevigata</i> [Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston) en el estado de Durango	
<i>Edgar Moreno-Cáñez</i> <i>César Ortega-García</i> <i>María Guadalupe Cáñez-Carrasco</i> <i>Francisco Peñúñuri-Molina</i>	7	<i>Luis Manuel Valenzuela-Núñez</i> <i>Miguel Rivera-González</i> <i>Ramón Trucios-Caciano</i> <i>Julio César Ríos-Saucedo</i>	32
Uso de benzoato de estradiol o GnRH en vaquillas sincronizadas con progesterona y PGF ₂ α		Modelación geoespacial del potencial natural de bosques templados en Pueblo Nuevo, Durango	
<i>Alberto Flores-Mariñelarena</i> <i>Efraín Enríquez-Bueno</i> <i>Alfredo Anchondo-Garay</i> <i>Juan Alberto Grado-Ahuir</i> <i>Carlos Rodríguez-Muela</i> <i>José Alejandro Ramírez-Godínez</i>	17	<i>Javier Nájera-Frías</i> <i>Alfredo Pinedo-Álvarez</i> <i>Francisco Cruz-Cobos</i> <i>Sacramento Corral-Rivas</i> <i>Rufino Meraz-Alemán</i>	39

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 próxima revolución de las Tecnologías de Información y Comunicación tendrá un profundo impacto en nuestra vida cotidiana. En el presente fascículo se presenta el artículo de opinión "Tendencias del procesamiento computacional: bioinformática y cómputo ubicuo, donde sus autores detallan la aportación de estas dos áreas de la informática para preservar o mejorar la calidad de vida de las personas. La bioinformática nos ayuda a entender el ciclo vital de un organismo a través del análisis de datos biológicos como en la medicina genómica. Las herramientas del cómputo ubicuo son capaces de identificar los cambios emocionales y de salud de las personas para anticipar sus necesidades en salud y confort. Sin embargo, los autores afirman que lo mejor de estas disciplinas está por venir.

Los autores del artículo "Evaluación del comportamiento posdestete en corral de futuros sementales ovinos de raza Katahdin y Pelibuey en Sonora" afirman, con base en los resultados de su estudio, que los ovinos Katahdin representan una mejor alternativa para los productores en Sonora, ya que requiere un menor costo por kg de ganancia de peso que la raza Pelibuey.

Los métodos de sincronización del estro han permitido optimizar la inseminación artificial en bovinos. En el trabajo "uso de benzoato de estradiol o GnRH en vaquillas sincronizadas con progesterona y PGF₂α", los investigadores encontraron que el benzoato de estradiol incrementa el porcentaje de estros y se logran mayores niveles séricos de progesterona en vaquillas tratadas con este método.

En el artículo "Fabricación de un detector de N₂O a base de un polímero conductor", los autores crearon un procedimiento directo, de fácil diseño y costo accesible para fabricar un detector de N₂O con polianilina, un polímero que tiene la capacidad para detectar la presencia de gases contaminantes a través de la alteración de sus propiedades eléctricas.

En el área de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, incluimos el artículo "Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite en el estado de Durango". La información que ofrecen sus autores, es base para el desarrollo de planes de manejo sustentable de los recursos forestales. En este trabajo se caracterizaron en términos de la estructura, diversidad y composición florísticas las comunidades de mezquite (*Prosopis laevigata*) en Cuencamé y San Juan de Guadalupe, en el estado de Durango, México.

También en esta área, los autores del estudio "Modelación geoespacial del potencial natural de bosques templados en Pueblo Nuevo, Durango, se apoyaron en Sistemas de Información Geográfica para evaluar el potencial natural de bosques templados en esta localidad. Se encontró que el 88% de estos bosques tiene un potencial medio y alto de producción forestal maderable y otros bienes y servicios relacionados a programas de aprovechamiento silvícola.

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

Tendencias del procesamiento computacional: bioinformática y cómputo ubicuo

Trends in computational processing: bioinformatics and ubiquitous computing

LUIS CARLOS GONZÁLEZ-GURROLA^{1,2} Y FERNANDO MARTÍNEZ-REYES¹

Resumen

Desde sus inicios, la computación ha sido una herramienta eficaz y popular para la resolución de problemas de distinta índole y niveles de complejidad. Los usos que la computadora ha tenido van desde operación de editores de texto y hojas de cálculo hasta procesamiento intensivo a través de computadoras interconectadas que buscan dar solución a problemas con un gran número de variables. Las tendencias del procesamiento computacional han estado ligadas a los avances en diversas áreas de la ciencia, creando una simbiosis que motiva diseños más eficientes de cómputo y a la vez hace posible extender los límites del conocimiento. Dos áreas que han explotado el procesamiento computacional buscando elevar la calidad de vida de la sociedad son la bioinformática y el cómputo ubicuo. Las aportaciones de cada una de estas líneas son evidentes, aún así creemos que lo mejor de ambas está por venir.

Palabras clave: procesamiento de información, biocomputación, cómputo consciente del contexto, interacción humano-máquina.

Abstract

Since its beginnings, the computing has been an efficient and popular tool for solving problems of different kinds and levels of complexity. The uses of computers range from text editors and spreadsheet programs to intensive processing via computer clusters that seek to tackle problems with a big number of variables. The trends in the computational processing have been linked to advances in the sciences, creating a symbiosis that motivates more efficient computing designs as well as to increase the knowledge. Two main areas that have exploited the computational processing to achieve a better life quality in our society are the bioinformatics and ubiquitous computing. The contributions made by each of these areas are evident, even though the best of both is yet to come.

Keywords: information processing, computational biology, context awareness, human-computer interaction.

Introducción

El poder de procesamiento de las computadoras ha abierto la posibilidad de abordar nuevos problemas que antes no se alcanzaban a visualizar o incluso eran pospuestos por la falta de técnicas y procedimientos adecuados para lograr su solución. Hoy sabemos que es raro aquel descubrimiento científico que no conlleve el uso de una computadora. Y es precisamente esta la justificación del uso del procesamiento computacional: extender nuestros alcances, validar hipótesis, realizar experimentos, ejecutar simulaciones y muchas otras tareas que nos permiten extender los horizontes de nuestro entendimiento. Conforme este conocimiento se hace más palpable, nuevas áreas de aplicación inmediata surgen, este es el caso de la bioinformática y el cómputo ubicuo.

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería. Campus II, Chihuahua, Chih. México. Tel: (614) 442 9500.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: lgonzalez@uach.mx.

A finales de la década de 1990, una de las grandes esperanzas de la humanidad se centraba en la decodificación del genoma humano, es decir, desentrañar los misterios mismos de nuestro organismo. Muy pocos alcanzaron a visualizar que ese logro no concluía la búsqueda, sino que apenas la iniciaba. Hoy, a 10 años de la publicación del genoma, mucha información se ha generado, pero también muchas preguntas siguen en el aire. Este es precisamente uno de los objetivos de la bioinformática, darle sentido a los enormes bancos de datos de experimentos biológicos que se generan día con día.

Durante esa misma década, Mark Weiser presentó al mundo un nuevo concepto que exitosamente describía la forma en la que la computadora empezaba a cambiar la forma en como vivíamos. La tecnología invisible nos rodea y muchas veces está "atenta" a nuestras necesidades. Esta es una de las premisas del cómputo ubicuo. Con dispositivos cada vez más sensibles, pequeños y sustentables, la tecnología nos facilita la vida. El abaratamiento de sensores, teléfonos celulares, tabletas y computadoras ha incrementado el número de usuarios de servicios relacionados a estos dispositivos. Esto requiere un manejo eficiente del procesamiento computacional donde los servicios de cómputo deben estar siempre presentes y disponibles.

Estas dos áreas tecnológicas requieren, pues, de un procesamiento computacional eficiente. El objetivo principal de este artículo es realizar una introducción de estas tendencias del procesamiento computacional, presentaremos hechos significativos, retos y problemas actuales, buscando en todo momento impulsar el desarrollo de trabajo en estas áreas.

Bioinformática

Padecimientos comunes en la población mexicana como diabetes mellitus o hipertensión arterial pueden ser abordados desde el análisis de la predisposición genética. Existe una necesidad genuina de contar con mecanismos eficaces que permitan, primero, un conocimiento detallado de nuestra carga genética como población (codificada en nuestro genoma), para después desarrollar e implementar estrategias y tecnología que hagan posible interpretar

estos datos. La adquisición de este conocimiento permitirá tomar medidas preventivas y correctivas para elevar la calidad de nuestro nivel de vida, siendo ésta precisamente una de las acepciones de la medicina genómica. Los primeros pasos para conocer el "genoma mexicano" ya se han dado (Silva-Zolezzi *et al.*, 2009), sin embargo, es necesario completar esta información y lograr su análisis e interpretación.

Los centros nacionales de salud de Estados Unidos definen la bioinformática como la investigación, desarrollo o aplicación de herramientas computacionales para ampliar el uso de información biológica, médica, conductual y de salud. Desde la digitalización de las primeras secuencias de ADN en 1977, se ha registrado un crecimiento constante en la información biológica almacenada en repositorios digitales. Para tener una idea de la magnitud de información nueva, basta observar que un solo secuenciador de ADN de última generación es capaz de producir más de 20 gigabytes de información por semana. Podemos observar pues, que generar datos biológicos es cada vez más fácil y barato, el reto se encuentra en analizar e interpretar estos datos con el objetivo de transformarlos en información útil cuya aplicación incida en la salud pública.

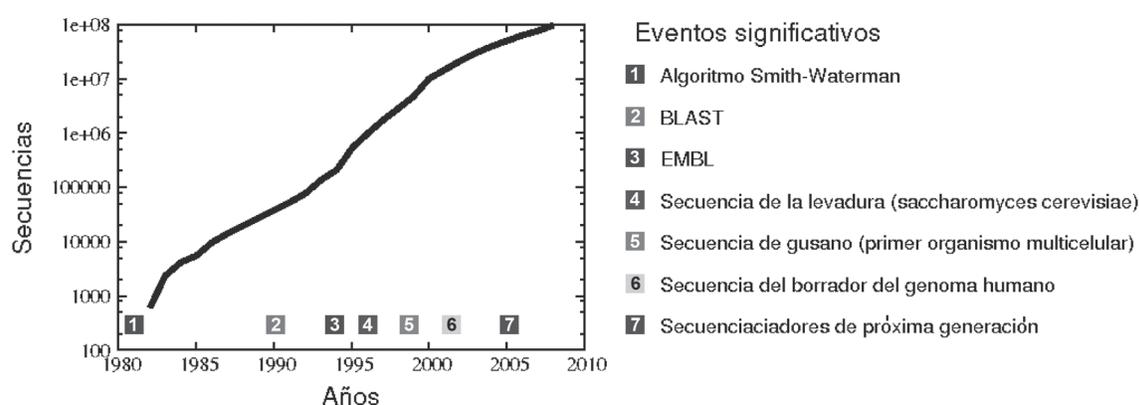
Una de las principales bases de datos (BD) de secuencias de ácidos nucleicos en el mundo es el GenBank; su crecimiento es impresionante, de hecho, el número de secuencias digitalizadas ha crecido exponencialmente. La Figura 1 muestra el acumulado de secuencias de ADN almacenadas en un periodo de 25 años. Esta BD duplica su capacidad cada 1.4 años, incluso superando la tasa de crecimiento de los transistores en circuitos integrados descritos por la popular ley de Moore (un procesador duplica su número de transistores cada dos años). Mucha de la información que almacena esta BD todavía se encuentra en espera de ser analizada, esto nos indica que aún estamos lejos de mantenernos al día respecto al estudio y entendimiento de nueva información.

Uno de los hitos más populares de la bioinformática (ver el apartado de Eventos significativos en la Figura 1) ha sido la consecución del primer borrador del genoma humano, publicado simultáneamente por las revistas Science y Nature en el año 2003. Este logro, que inicialmente provocó

grandes expectativas sobre el advenimiento de una nueva era de medicina personalizada basada en el genoma, dio inicio a una etapa de trabajo intenso y desarrollo de procedimientos con el firme objetivo de darle interpretación a la secuencia de 3,000,000,000 de letras que forman nuestro genoma (cada letra representa una base, A para adenina, C para citosina, T para timina y G para guanina). Hoy en día, ya

computadora de escritorio con características similares a las requeridas en la instalación de cualquier procesador de textos. Proyectos de reingeniería de proteínas (Frey *et al.*, 2010) hacen factible el diseño de fármacos que se adapten a las mutaciones en bacterias, dejando atrás protocolos médicos clásicos, y atacando con una sola dosis de medicamento la bacteria y sus mecanismos de supervivencia.

Figura 1. Acumulado del número de secuencias de ADN disponibles en el GenBank en los últimos 25 años. También se muestran algunos eventos significativos en el campo de la bioinformática.



disponemos de un mayor número de genomas, tanto de animales como de plantas (recientemente se conoció la secuencia del genoma del frijol), pero es claro que esto es sólo el principio de una avalancha de preguntas de investigación, retos, hipótesis e intuiciones que se empiezan a generar respecto a toda esta información genómica.

El campo de la bioinformática ha permitido darle un nuevo enfoque a algoritmos tradicionales, así como motivar el diseño de nuevos procedimientos. Uno de los algoritmos más representativos de esta área es el *Smith-Waterman*, que permite comparar un par de secuencias e identificar las regiones de mayor similitud entre éstas. Otra herramienta que ha sido de gran ayuda para encontrar relaciones de homología entre grupos de secuencias es *BLAST*, llegando a consolidarse como la herramienta de mayor uso entre la comunidad bioinformática. Los logros en materia algorítmica de hace un par de años a la fecha han sido sobresalientes. El programa *Bowtie* (Langmed *et al.*, 2009) permite alinear el genoma humano completo a otro de referencia, utilizando sólo una

Con esta explosión de información, nuevos y fascinantes retos se hacen presentes: reducción del error en la secuenciación de ADN, secuenciar y caracterizar genomas de comunidades enteras (ecosistemas, metagenómica), identificación de la estructura tridimensional del ARN, entender el rol que juega el ambiente en las diferencias a nivel fenotípico (epigenética), identificación de la estructura tridimensional de las proteínas, extracción de patrones y análisis estadístico de grupos de secuencias, entendimiento del procedimiento de plegado de proteínas (dinámica molecular), reingeniería de proteínas, reducción de incertidumbre y ensamble de árboles filogenéticos y medicina genómica, son parte de un pequeño grupo de tareas que todavía quedan pendientes en esta área.

La omnipresencia de la computación

Si volteamos a nuestro alrededor seguramente observaremos la existencia, además de nuestra computadora de escritorio, iPad y teléfono inteligente, de una variedad de dispositivos, objetos y artefactos que cuentan con algún tipo de computadora integrada.

Existe tecnología computacional presente en el refrigerador, la estufa, el horno de microondas, la caja digital de televisión, la televisión, las consolas de video juegos, los reclinables con masaje, las alarmas para el hogar, el sistema de calefacción, entre otros dispositivos. Varios de estos artefactos ya se conectan a la Internet, pero más aún, dentro de poco tiempo veremos a estos artefactos interconectados e intercambiando información para sugerir recetas de cocina basados, por ejemplo, en la disponibilidad de la despensa. Pero, ¿qué podríamos esperar de la computación en el futuro?

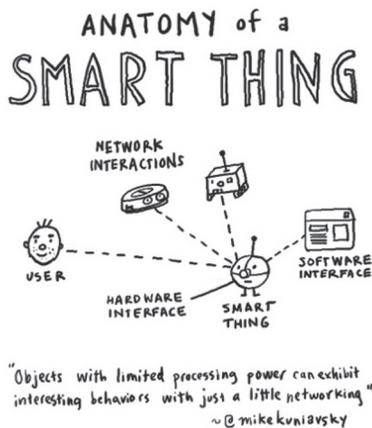
La computación ubicua (Weiser, 1999), computación del siglo XXI, considera la integración de redes de computadoras de diferentes tamaños y capacidades de cómputo a través de las cuales se identifican las actividades del ser humano, se aprende de ellas y se pone a su disposición información o servicios en el espacio físico en el cual desarrollan sus actividades, como se aprecia en el siguiente escenario de aplicación:

Una persona llega al restaurant y en su dispositivo móvil recibe la información de la mesa que se le ha reservado. La 'mesa digital interactiva' inicia su diálogo con el cliente, sugiriendo el platillo que el cliente acostumbra degustar en esa temporada y a esa hora del día, además de las recomendaciones del chef. En el menú digital también se informa acerca de los tiempos de espera para cada platillo de acuerdo con la cantidad de clientes presentes. Mientras espera a que el platillo esté listo, el cliente, a través de la

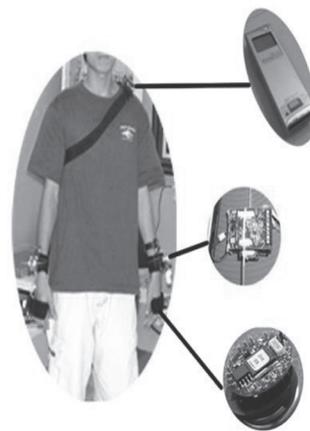
mesa digital, navega por diferentes niveles de información relacionados con el origen del restaurante y opiniones de los clientes acerca de diferentes platillos. Puede leer alguna revista o viajar hasta los orígenes de la receta, revisar el correo, utilizar la banca electrónica, descargar un documento desde la computadora de su oficina o incluso utilizar alguna opción de juego de mesa. Mientras degusta el platillo, la mesa solicita permiso para poder reproducir la música que va acorde con la ocasión. Al finalizar, el cliente coloca la tarjeta de crédito sobre la mesa, verifica el recibo con los consumos, agrega propina y selecciona si desea su recibo impreso o desea enviar la copia electrónica a su correo.

Para implementar este escenario de cómputo ubicuo se requiere contar con redes de objetos computacionales (WSN – Wireless Sensor Networks), Figura 2a, y redes inalámbricas portadas por el humano (WBSN – Wireless Body Sensor Networks), Figura 2b. Estas redes comparten información con redes de área local y de área amplia (LAN y WAN) para ofrecer información o servicios al usuario. La computación ubicua considera la implementación de ambientes inteligentes, en los cuales la interacción del usuario con la computadora se da a través de eventos biológicos o a través de voz e incluso gestos; la realidad virtual y aumentada son comunes en estos espacios sociales. En el escenario de ejemplo, estas redes intercambiaron información para identificar el estado de ánimo de la persona y con ello reproducir la música adecuada.

Figura 2. Dos componentes tecnológicos en la computación ubicua a) redes de objetos «inteligentes» y computadoras (WSN) y b) redes del cuerpo humano (WBSN)



a) (<http://communicationnation.blogspot.com/>)



b) (<http://blog.memisc.com/2010/11/wireless-body-sensor-networks.html>)

La computación ubicua promueve la generación de ambientes inteligentes en los cuales se brinda soporte de forma confiable y segura. Recopilar y procesar información, e «inteligentemente» anticiparse a las necesidades del ser humano no es trivial. Se puede automatizar el encendido de la luz del cuarto cuando existe cierto nivel de oscuridad, pero controlar el encendido de la luz en relación al nivel de cansancio de la vista de una persona es mucho más complejo. Actualmente, la tecnología funciona para automatizar procesos repetitivos, pero a pesar de que el ser humano utiliza «rutinas» diarias (Crabtree & Rodden, 2004) estas pueden ser alteradas en cualquier momento, lo que podría afectar la calidad de servicio ofrecida por la computadora. Por otro lado, interactuar con una gran cantidad de artefactos y redes computacionales implica dejar rastros de datos privados en varias computadoras. La computación tiene un reto importante en este sentido.

Es posible identificar que la computación ubicua tiene retos tecnológicos y sociales por atender (Edwards & Grinter, 2001), sin embargo, también es posible observar algunos de los beneficios potenciales que la computación del siglo XXI podría ofrecer al ser humano. Considerando que en el futuro cercano seremos una población mundial en edad adulta, es posible que la tecnología del restaurante inteligente se implemente en otros espacios sociales, en los cuales la computadora apoya en las «rutinas» desarrolladas por adultos mayores, que monitorea y cuida de su salud y que, incluso, le ofrece un acompañamiento digital (Heerink *et al.*, 2006).

Conclusiones

La bioinformática y la computación ubicua son dos tendencias de la computación con grandes aportaciones científicas en los últimos años. Ambas disciplinas buscan generar conocimiento para

preservar o mejorar las condiciones de vida del ser humano. Resultados en bioinformática nos ayudan a entender a detalle el ciclo vital de un organismo, lo cual directamente se traduce en beneficios en la salud pública. La computación ubicua, por otro lado, identifica y está alerta de cambios emocionales y de salud de las personas con el objetivo de anticipar necesidades en seguridad y confort que las personas esperan del lugar en el cual desarrollan sus actividades. Un reto común para ambas disciplinas es el procesamiento de grandes volúmenes de información. Se requiere experimentar con técnicas y metodologías novedosas para poder encontrar patrones de comportamiento de células cancerígenas o para que un sistema computacional identifique los estados de ánimo de las personas. En el futuro cercano seguiremos observando la influencia de estas dos áreas de investigación en nuestras vidas.

Literatura citada

- SILVA-ZOLEZZI I, Hidalgo-Miranda A, Estrada-Gil J, Fernandez-Lopez JC, Uribe-Figueroa L, Contreras A, Balam-Ortiz E, del Bosque-Plata L, Velazquez-Fernandez D, Lara C, Goya R, Hernandez-Lemus E, Davila C, Barrientos E, March S and Jimenez-Sanchez G. 2009. Analysis of genomic diversity in Mexican Mestizo populations to develop genomic medicine in Mexico. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106:8611–8616.
- LANGMEAD, B., Trapnell C, Pop M and Salzberg SL. 2009. Ultrafast and memory-efficient alignment of short DNA sequences to the human genome. *Genome Biol.* 10:R25.
- FREY, KM, Georgiev I, Donald BR and Anderson, A.C. 2010. Predicting resistance mutations using protein design algorithms. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107:13707-13712.
- WEISER, M. 2004. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 94–104.
- CRABTREE, A., and Rodden T. 2004. Domestic routines and design for the home, *CSCW*, 13, 2, 191-220.
- EDWARDS, WK, and Grinter RE. 2001. At Home with Ubiquitous Computing: Seven Challenges, *Ubicomp: Ubiquitous Computing*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2201, Springer-Verlag, Berlin, pp. 256–272.
- HEERINK, M., Kröse B, Evers V and Wielinga B. 2006. Studying the acceptance of a robotic agent by elderly users. *International Journal of Assistive Robotics and Mechatronics*, 7(3): p. 33-43. 

Este artículo es citado así:

González-Gurrola, L. C., F. Martínez-Reyes. 2013: *Tendencias del procesamiento computacional: bioinformática y cómputo ubicuo*. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 7(1): 1-6.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

LUIS CARLOS GONZÁLEZ-GURROLA. Finaliza sus estudios en Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Durango en 2002. Obtiene el grado de Maestro en Ciencias de la Computación por parte del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada en 2004. Fue catedrático de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro (Durango) por 3 años. En 2011 finaliza sus estudios doctorales en el área de Tecnologías de la Información en la Universidad de Carolina del Norte en Charlotte, EE.UU. Actualmente se desempeña como profesor/investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Entre sus intereses actuales se encuentran la bioinformática, problemas de optimización combinatoria y diseño de algoritmos.

FERNANDO MARTÍNEZ-REYES. Terminó su licenciatura en 1991, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero industrial en electrónica por el Instituto Tecnológico de Veracruz (ITV). Posee el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ingeniería Electrónica, otorgado por el Instituto Tecnológico de Chihuahua en 1997. Realizó sus estudios de Doctorado y obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Computación en la Universidad de Nottingham, Inglaterra, en 2009. Desde 1994 labora en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Su área de especialización es la computación basada en localización. Las áreas de interés en investigación incluyen el cómputo móvil, interacción humano-computadora, computación consciente del contexto y cómputo ubicuo.

Evaluación del comportamiento posdestete en corral de futuros sementales ovinos de raza Katahdin y Pelibuey en Sonora

Evaluation of post-weaning behavior in feedlot of upcoming stud rams breeds Pelibuey and Katahdin in Sonora

EDGAR MORENO-CÁÑEZ¹, CÉSAR ORTEGA-GARCÍA², MARÍA GUADALUPE CÁÑEZ-CARRASCO^{1,3}
Y FRANCISCO PEÑÚNURI-MOLINA¹

Recibido: Octubre 12, 2012

Aceptado: Febrero 23, 2013

Resumen

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo y la capacidad reproductiva de ovinos de las razas Pelibuey y Katahdin. Se utilizaron 10 machos de raza Pelibuey y 10 machos de raza Katahdin. El periodo de adaptación fue de 14 d con incremento paulatino del concentrado de heno de alfalfa. Los animales se vacunaron y desparasitaron al inicio de la prueba y 14 d después. Así mismo, se pesaron y se midió circunferencia testicular cada 28 d. Los resultados obtenidos indicaron que los corderos de raza Katahdin mostraron superioridad ($p < 0.05$) en ganancia diaria de peso (270 ± 1.03 g) sobre la Pelibuey (209 ± 1.03 g). La raza Kathadin tuvo una mejor conversión alimenticia (5.41 g de alimento por kg de peso vivo) sobre la Pelibuey (7.18 kg de alimento por kg de peso vivo). Se observó que la raza Katahdin presentó una pérdida de peso de 281 a 243 g en los dos últimos periodos, en tanto que la Pelibuey mantuvo su peso (220 y 223 g). En el desarrollo testicular no se observó diferencia ($p > 0.05$). Se encontró que los ovinos Katahdin requieren un menor costo para producir un kg de aumento, en comparación con los Pelibuey. Lo anterior representa un costo extra para la raza Pelibuey de 32.8% respecto a la Katahdin.

Palabras clave: Pelibuey, Katahdin, conversión alimenticia, desarrollo testicular, ganancia de peso.

Abstract

The objective was to evaluate the productive performance and reproductive capacity of sheep breeds Katahdin and Pelibuey. There were evaluated 10 male breed Pelibuey and 10 male breed Katahdin. The adjustment period was 14 d with a gradual increase of alfalfa hay concentrate. The animals were vaccinated and de-wormed at the beginning of the test and 14 d after. The animals were weighed and their testicular circumference was measured every 28 d. The results indicated that the sheep breed Katahdin showed superiority ($p < 0.05$) over the Pelibuey in daily weight gain (270 ± 1.03 g vs 209 ± 1.03 g, respectively), and in feed conversion (5.41 vs 7.18 kg of feed per kg of live weight, respectively). It was observed that the Katahdin breed presented a weight loss from 281 to 243 g in the last two periods, while the Pelibuey maintained its weight (220 and 223 g). There was no difference ($p > 0.05$) on the testicular development. It was found that sheep Katahdin require less cost to produce a 1 kg live weight increase, compared to the Pelibuey. This represents an extra cost for the Pelibuey breed of 32.8% compared to the Katahdin.

Keywords: Pelibuey, Katahdin, feed conversion, testicular development, weight gain.

¹ Universidad de Sonora. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662) 259-2163 y 64.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Hermosillo, Sonora, México

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: canez@correom.uson.mx.

Introducción

La ovinocultura mexicana ha mantenido un ritmo de crecimiento dinámico, lo que le ha permitido pasar de 7,757,267 de cabezas en el año 2008 a 8,105,562 en el 2010 (SIAP, 2001-2010). Así mismo, la producción de carne ha evolucionado positivamente, por lo que se elevó el volumen nacional de 51,275 t de carne en canal durante el año 2008 a 56,546 t en el 2011 (SIAP, 2001-2011).

Esta reactivación de la productividad ovina mexicana se ha visto reflejada en una mayor integración de la producción primaria con los eslabones de transformación, procesamiento y comercialización de la cadena cárnica. También ha impactado en la diversificación de productos y subproductos (Gómez, 2009), así como en la forma de preparación para su consumo (Arteaga, 2007). Por su parte, el consumo nacional aparente de carne ovina alcanzó 87,740 t anuales durante el periodo 2000-2007, de las cuales, alrededor de 57% fue de producción nacional y 43% de importación (Gómez, 2009).

Lo anterior evidencia que, a pesar del buen desarrollo que ha tenido la ovinocultura mexicana, todavía se mantiene un déficit de carne requerida para satisfacer las necesidades del consumo interno, que se cubre con importaciones de carne procedentes de Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos de América y más recientemente de Chile y Uruguay (Macías *et al.*, 2010). Este déficit ofrece la oportunidad a los productores mexicanos de colocar más de 37,000 t de carne en el mercado nacional. Para lograr esto, se requiere mejorar la eficiencia de los sistemas de producción y obtener un producto de buena calidad, que pueda competir con los importados. Todo lo anterior genera la necesidad de aplicar tecnologías que contribuyan a incrementar la productividad animal, a mejorar los atributos de la canal y a incrementar la calidad de la carne para satisfacer las exigencias del mercado nacional (Vázquez *et al.*, 2011).

En la actualidad, la población de ovinos de pelo y otras razas de borregos tropicales se encuentran en franco desarrollo en México. La

velocidad de reproducción del borrego de pelo en el país, lo ha convertido en la opción más atractiva para el establecimiento de unidades de producción intensivas de producción de carne de ovino (Lara, 2007). Las grandes ventajas con esas razas de pelo son, entre otras, amplia estacionalidad, rusticidad para el pastoreo, alta prolificidad y evitar el esquila de los animales (Cuéllar, 2007).

El norte de México es una región árida y semiárida que sobrepasa las 50,000,000 ha, caracterizadas por grandes extensiones de pastizales y matorrales, localizados en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí. En esta región, es indudable que la actividad ovina está creciendo fuertemente, y con ello crecerá también la explotación en pastizales, específicamente debido a la introducción de los ovinos de pelo (Esqueda, 2009). Con respecto al estado de Sonora, ya existen unidades de producción con ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo; sin embargo, en la mayor parte del estado es una actividad incipiente. En algunas unidades de producción se cuenta con pequeños rebaños, pero aún no se le ha dado la debida importancia, o todavía no se ve como un negocio.

A la fecha, existen productores de bovinos interesados en incursionar en la producción de ovinos como un complemento de la diversificación de sus actividades productivas. No obstante, el crecimiento y viabilidad económica de esta actividad no será posible si no se lleva a cabo de manera ordenada, organizando la producción y a los productores, quienes deben tomar en cuenta que no todos pueden participar de la misma manera en la

cadena productiva, pues algunos deberán producir pie de cría, otros corderos y otros establecer engordas para finalizar animales (Arteaga, 2006).

El objetivo fue evaluar el comportamiento posdestete de ovinos Pelibuey y Katahdin en función de su ganancia diaria de peso (GDP), ganancia de peso total (GPT), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA), desarrollo testicular y capacidad reproductiva.

Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (29° 00' 52" Latitud Norte, 111° 07' 56" Longitud Oeste), utilizando 20 ovinos que procedían de ranchos ubicados en las localidades de Magdalena de Kino, Sonora (10 machos Katahdin) y de Santa Ana, Sonora (10 machos Pelibuey). Estas unidades de producción basan su alimentación en pastos irrigados durante el día y encierro nocturno con heno de alfalfa en corral. El peso y edad promedio de los corderos todos de parto gemelar y destetados por su progenitora, fue de 20.0 kg con 150 d de edad para Kathadin y 23.8 kg con 205 d para Pelibuey.

Los animales se identificaron con número progresivo en arete de plástico, del 1 al 10 para Pelibuey y del 11 al 20 para Katahdin. Se vacunaron con Triangle Bac 8 y desparasitaron con IVER+ADE NVR, revacunándose a los 40 d con Biobac 11 vías. El experimento se dividió en dos fases: la Fase I, abarcó el periodo de adaptación a la dieta con una duración de 14 d; y los dos primeros periodos de reto alimenticio con una duración de 28 d para cada uno de ellos.

En el periodo de adaptación a la dieta, el alimento concentrado se ofreció paulatinamente hasta sustituir completamente el heno de alfalfa en los comederos y cambiar la flora y la fauna ruminal, manifestándose en el estándar de consumo voluntario diario por los animales al mostrar buena aceptación y apetito; estableciéndose un promedio de 800 g para Katahdin y 1,000 g para Pelibuey, según ofrecido

y rechazado. Se consideró esto como punto de condiciones similares de alimentación, que minimizan la variación en la expresión genética debida al ambiente.

Cuadro 1. Ingredientes utilizados en la formulación de una tonelada de alimento, para la alimentación de corderos en la prueba de comportamiento.

Ingrediente	(kg) MS
Maíz	200
DDG*	200
Harinolina	50
Harina de pescado	30
Premix Borrego	20
Alfalfa	350
Tazol de trigo	150

* DDG: grano seco de destilería.

Después de la adaptación a la dieta, se midieron las características fenotípicas de los animales al inicio de la prueba para dar seguimiento al monitoreo de los diferentes eventos productivos con mediciones cada 28 d; siendo un total de tres observaciones en 84 d de prueba.

La alimentación durante la prueba se ofreció a los animales en corral con cerco perimetral de maya ciclónica (1.8 m de altura), con piso de tierra por grupo racial (dos corrales de 15 x 10 m), cuya área de comedero fue de 15 m de longitud x 0.3 m de ancho x 0.3 m de profundidad. Los corrales se acondicionaron con malla sombra 90% cubriendo 15 x 6 m de área del corral. La infraestructura hidráulica distribuía el agua a los corrales manteniendo simultáneamente el nivel en forma constante en todos los bebederos, con una capacidad de almacenamiento de 175 L/bebedero.

La ración (materia seca) de inicio de prueba hasta los 56 d contenía 18% de proteína cruda y 3.4 Mcal de energía metabolizable. En el último periodo del estudio (28 d) se ajustó la proteína a 16% y la energía a 3.7 Mcal, debido al

desarrollo de los corderos y a las inclemencias del clima (calor extremo > 45°C a la sombra) durante el día.

Para evaluar la capacidad reproductiva en función del tamaño testicular se midió la circunferencia escrotal (CE), de acuerdo al método recomendado por la Sociedad de Teriogenología, EEUU (Ball *et al.*, 1983), que consiste en bajar al mismo tiempo ambos testículos dentro de la bolsa escrotal, deshaciendo las arrugas de la piel y posteriormente, con una cinta métrica graduada en cm, se mide la circunferencia en la zona de mayor diámetro. Lo anterior se realizó a la llegada de los animales, al término de la etapa de adaptación (14 d) y cada 28 d de prueba. Para el pesaje de los animales se utilizó una balanza de plataforma con capacidad de 500 kg, misma que se adaptó con una jaula hecha a base de varilla de 3/8 de grosor. Las medidas de la jaula fueron de 0.9 m de largo x 0.85 m de ancho x 1.10 m de alto. Lo anterior fue con la finalidad de inmovilizar al animal al momento del pesaje.

De la Red Estatal de Estaciones Meteorológicas de Sonora (Agroson) se recolectó la información referente a las condiciones climáticas [temperatura ambiental, T (°C); y humedad relativa, HR] registradas diariamente durante el desarrollo del experimento. A partir de esta información, se calculó el índice de temperatura-humedad (ITH) con la ecuación propuesta por Marai *et al.* (2007) para ovinos, cuando la temperatura se expresa en °C:

$$\text{ITH} = T - [(0,31 - 0,31 \text{ HR}) (T - 14,4)]$$

El ITH sirve para determinar el grado de estrés calórico al cual está sometido un animal bajo condiciones ambientales.

Para estimar la GDP, una vez finalizada la prueba, al peso final de cada animal se restó el peso inicial del mismo, y el resultado obtenido se dividió entre el número de días que duró la prueba. Así mismo, se estimó la CA, dividiendo

el consumo de alimento total proporcionado a cada animal, entre la ganancia total de peso del animal, durante el periodo de prueba. Para estimar la EA, se dividió la ganancia total entre el consumo de alimento total en el periodo. Por otra parte, se determinó el costo por kg de incremento producido, el cual se obtuvo al multiplicar los kg de alimento necesarios para producir un kg de incremento de peso, multiplicado por el costo del kg de alimento proporcionado.

El pesaje individual de los animales se realizó a las 7:30 h previa dieta de agua y alimento de 12 h. Para lograr lo anterior, se les privó de agua a las 19:30 h y al día siguiente, a partir de las 7:30 h se registró el peso y se midió la CE a los animales. Lo anterior se realizó durante el tiempo que duró la prueba. El alimento se proporcionó dos veces al día (08:00 y 13:00 h), calculando con anticipación la cantidad que se le ofrecería a cada grupo. Esta se determinó en base al peso vivo promedio de cada grupo, durante todo el estudio.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con dos tratamientos y diez repeticiones por tratamiento, separando los efectos medios mínimos cuadrados de los tratamientos sobre las variables de respuesta, mediante análisis de la varianza ajustando la información de cada variable por los valores iniciales correspondientes, con procedimientos GLM y la opción LSMMeans del paquete SAS (SAS 2002). Las variables de respuesta en el estudio fueron: GDP, GPT, CA, EA, CDA, consumo total de alimento (CTA) e incremento en CE.

Resultados y discusión

Los resultados indicaron que los corderos de raza Katahdin obtuvieron mejores GDP ($p < 0.05$) con valores medios (\pm EE) de 286 ± 30 g, 281 ± 16 g y 243 ± 23 g en comparación con los de raza Pelibuey (183 ± 30 g, 220 ± 16 g y 223 ± 23 g), en los tres periodos de prueba.

El desempeño de los corderos de raza Kathadin en función de la GPT fue superior ($p < 0.05$) a la Pelibuey (Cuadro 2).

Cuadro 2. Desempeño posdestete de corderos Katahdin y Pelibuey durante 84 d de prueba en corral de engorda.

Tratamientos Razas	Núm. de animales	Peso inicial promedio (kg)	Peso final promedio (kg)	Ganancia total promedio (kg)
Katahdin	10	19.6 ± 1.28	41.95 ± 1.74	22.35 ± 0.81 ^a
Pelibuey	10	26.0 ± 1.28	43.10 ± 1.74	17.90 ± 0.81 ^b

^{ab} entre razas, difieren ($p < 0.05$).

Las ganancias totales indicaron que el comportamiento de los machos Katahdin superó en un 30.7% al de los Pelibuey, cuyo desempeño promedio fue de 270 ± 10.3 vs 209 ± 10.3 g diarios durante la prueba (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comportamiento posdestete de corderos Katahdin y Pelibuey durante 84 d de reto alimenticio en corral*.

Tratamientos Razas	Número de animales	Ganancia total de peso (kg)	Ganancia diaria de peso (g)
Katahdin	10	22.68 ± 1.03 ^a	270 ± 10.3 ^a
Pelibuey	10	17.54 ± 1.03 ^b	209 ± 10.3 ^b

^{ab} por hilera, entre tratamientos, difieren ($p < 0.01$).

(*) Medios mínimos cuadrados ± error estándar.

Macías *et al.* (2010), al evaluar el comportamiento productivo en corral en corderos Pelibuey puros y sus cruza F1 con Dorper y Katahdin bajo condiciones desérticas del noroeste de México, encontraron GDP promedio de 206 ± 10 g, similar a la alcanzada por la raza Pelibuey (209 ± 10.3 g) e inferior a la Katahdin (270 ± 10.3 g) en el presente estudio. Es importante señalar que el estudio comparativo entre los resultados obtenidos en esta investigación y los obtenidos por Macías *et al.* (2010) están en función de los ovinos de la raza Pelibuey puros y cruzados, por lo que está abierta la posibilidad de discutir al respecto de los resultados obtenidos con los ovinos de la raza Katahdin, que son una raza o un genotipo diferente. Sin embargo, Silva (2006), evaluó GDP en ovinos de pelo utilizando forrajes de calidad, encontrando GDP similares entre corderos Katahdin (247 g) y Pelibuey (232 g). Por otro lado, Canton y Quintal (2007)

reportaron valores promedios para consumo de alimento de 1.2 kg y GDP de 232 g, en corderos de genotipos similares a los usados por Macías *et al.* (2010), pero en condiciones tropicales.

Wildeus *et al.* (2005) reportaron una GDP en borregos Kathadin de 109 g/d alimentados con alfalfa achicalada y suplemento de harina de maíz y soya al 1.5% de su peso corporal, observándose una diferencia de 161 g por debajo de lo encontrado en la presente investigación para esta raza. Respecto a los valores de GDP de la raza Katahdin (286 ± 30 g, 281 ± 16 g y 243 ± 239 g) vs Pelibuey (183 ± 30 g; 220 ± 16 g y 223 ± 23 g) obtenidos en el presente estudio, se observó un ligero aumento en los corderos Pelibuey; mientras que en los Katahdin se presentó una marcada disminución en la GDP en el último periodo de la prueba (286 a 243 g). Esto es importante considerarlo, ya que se esperaba que la GDP aumentara conforme transcurría la prueba. Probablemente, los animales estuvieron expuestos al efecto del estrés calórico debido a las temperaturas ambientales (TA) altas. En este estudio no se midió la temperatura rectal ni la frecuencia respiratoria para determinar si los corderos sufrieron estrés calórico; sin embargo, el índice de temperatura-humedad (ITH) es indicador del grado de estrés causado por la temperatura ambiental (Finocchiaro *et al.*, 2005).

La TA, HR e ITH variaron durante los meses de estudio (Cuadro 4), incrementándose a medida que avanzó el experimento. El promedio de la TA en el periodo experimental fue de 30.6 °C (20.2 en junio a 41.0 °C en agosto); de la HR fue de 46.1% (17.0 en junio a 75.2% en agosto) y el de ITH fue de 28.8 unidades (18.7 en junio a 39.0 unidades en agosto). En general, durante el estudio se registraron ITH superiores a las 23 unidades, incluso en el mes de mayo (periodo de adaptación). Sin embargo, los ITH más elevados se observaron en julio y agosto.

Cuadro 4. Condiciones climáticas e índice de temperatura-humedad predominantes durante el experimento.

	Mínimas			Máximas			Promedios		
	T	HR	ITH	T	HR	ITH	T	HR	ITH
Mayo	15.6	11.6	15.6	34.9	62.5	32.5	25.9	30.8	23.4
Junio	20.2	17.0	18.7	37.7	72.7	35.7	29.3	40.1	26.5
Julio	26.1	28.0	23.6	38.5	76.3	36.7	32.0	49.7	29.3
Agosto	27.2	23.7	24.2	41.0	75.2	39.0	33.9	45.4	30.6

Kelly y Bond (1971) y Marai *et al.* (2007) citan que un ITH ≥ 23 unidades, son condiciones ambientales suficientes para producir un estrés calórico sobre los ovinos. Los ITH registrados durante el presente experimento fueron ≥ 25.6 unidades durante los tres periodos de la prueba; sin embargo, no se puede afirmar que los animales estuvieron bajo un estrés calórico severo extremo, ya que no se midió la temperatura corporal; además de que no se afectó la ganancia de peso total.

En ovinos y otras especies domésticas, las condiciones de estrés calórico se relacionan con una disminución en el consumo de alimento (Marai *et al.*, 2007); en consecuencia, esto se refleja en la GDP.

Macías *et al.* (2010) citan en su estudio valores promedios de TA e ITH para el mes de mayo de 28.5°C y 22.5 unidades y de 33.0°C y 25.8 unidades en junio; obteniendo valores promedios de CDA de 1.3 kg y de GDP 206 g. Es decir, con valores de ITH menores, la GDP fue similar a la de los ovinos Pelibuey y menor a la de la raza Katahdin, respecto al presente estudio. Por otro lado, Velázquez *et al.* (2010), al evaluar el comportamiento productivo en corderas de pelo utilizando un suplemento en dietas de finalización bajo condiciones de estrés calórico, no encontraron mejoría en los parámetros productivos (GDP, GPT, CDA, CA y EA), ya que las condiciones climáticas adversas (ITH = 29.25 unidades) inhibieron el consumo de alimento y, por ende, la eficiencia de su utilización y la ganancia de peso.

Marai *et al.* (2007) aseguran que la exposición de ovinos al estrés calórico provoca una serie de cambios fisiológicos que incluyen una reducción en el consumo y eficiencia en la utilización de los alimentos y pérdida de peso vivo, ya que las altas temperaturas estimulan los receptores térmicos, los cuales transmiten un impulso de inhibición al centro del apetito ubicado en el hipotálamo, resultando así en una baja en el consumo de alimento, repercutiendo en baja GDP y EA.

En el noroeste de México, las condiciones climáticas son típicamente desérticas, esto ha sido un factor que afecta el desarrollo de la actividad agropecuaria en estas regiones debido al estrés que se presenta en el animal. Pocas razas de las diferentes especies de animales domesticados son capaces de sobrevivir y, más aún, de producir eficientemente bajo estas condiciones. Sin embargo, los ovinos de pelo, principalmente de raza Pelibuey han sido adoptados por los productores para la producción de corderos (Macías *et al.*, 2010), ya que es una de las razas que regulan mejor su temperatura corporal en condiciones de estrés calórico (Tabarez *et al.*, 2009). Así, a pesar de que el ITH fue aumentando en el transcurso del estudio, los ovinos Pelibuey mantuvieron su peso en los dos últimos periodos de prueba (220 y 223 g). En tanto que la raza Katahdin, desarrollada en el sur de Estados Unidos de Norteamérica, se ha caracterizado como de buen desarrollo productivo y reproductivo en condiciones tropicales y áridas (Burke y Apple 2007).

En el Cuadro 5 se observa la superioridad ($p < 0.01$) de los corderos de raza Katahdin, sobre los de raza Pelibuey en el desempeño productivo, ya que se obtuvo una CA de 5.41 vs 7.18 kg de alimento para ganar 1 kg de peso vivo. En EA, la raza Katahdin (139) fue superior ($p < 0.01$) a la Pelibuey (186). Así mismo, se observa el costo necesario para convertir un kg de aumento (\$ 33.76 vs \$ 25.42); cuya superioridad en Katahdin significa un costo de \$ 8.34.

Cuadro 5. Conversión y eficiencia alimenticia de corderos en prueba de comportamiento posdestete en corral.

Tratamientos Razas	Número de animales	Conversión alimenticia (kg de alimento/kg de aumento)	Eficiencia alimentaria (kg de ganancia/kg de alimento)
Pelibuey	10	7.184 ^b	139 \$ 33.76 ^b
Katahdin	10	5.410 ^a	186 \$ 25.42 ^a

^{ab} por hilera, entre tratamientos, difieren ($p < 0.01$).

Álvarez *et al.* (2003) reportan valores de GDP y GPT inferiores a los del presente trabajo pero similares para CA. Por otro lado, Macías *et al.* (2010) presentaron una GDP promedio (206 ± 10 g) similar a la obtenida por la raza Pelibuey (209 ± 10.3 g) en este estudio.

En el CDA, también mostró mejor comportamiento la raza Katahdin sobre la Pelibuey ($p < 0.05$). El consumo de alimento por día de prueba fue de 1.419 vs 1.444 kg; Macías *et al.* (2010) citan valores promedio CDA (1.3 ± 0.1 kg) y GDP (206 ± 10 g). Estos resultados son semejantes a los citados por Canton y Quintal (2007), quienes reportaron valores promedio para consumo de alimento de 1.2 kg y GDP de 232 g en condiciones tropicales; sus valores coinciden con los encontrados en este estudio para la raza Pelibuey (CDA = 1.444 kg y GDP = 209 ± 10.31 g). Sin embargo, la raza Katahdin no se comportó en forma similar (CDA = 1.419 kg y GDP = 270 ± 10.31 g). Hinojosa *et al.* (2009) mencionan que la GDP está en función del alimento que consume el animal, ya que encontró que la edad al destete no afecta la GDP. Sin embargo, en el presente estudio

los corderos Katahdin presentaron una GDP superior, con un consumo de alimento menor respecto a los corderos Pelibuey. Aunque los ovinos de pelo de la raza Pelibuey han demostrado una gran capacidad reproductiva, rusticidad y adaptación, presentan pesos bajos; a su vez, su crecimiento es inferior al de las razas de lana o cárnicas, por lo cual se clasifica como una raza ligera (Gutiérrez *et al.*, 2005). En este sentido, Cabrera *et al.* (2007) evaluaron la ganancia de peso en ovinos de la cruce Dorper-Katahdin, obteniendo GDP similares a las registradas por la raza Katahdin en el presente estudio, pero con un consumo de alimento menor (1.2 kg).

Con respecto al comportamiento reproductivo, el incremento testicular no mostró diferencias entre las dos razas en estudio ($p > 0.05$), cuyos valores medios mínimo cuadrados (\pm EE) fueron 5.29 ± 0.31 , 5.35 ± 0.11 y 3.35 ± 0.23 cm para Katahdin y 5.41 ± 0.31 , 4.24 ± 0.11 y 2.85 ± 0.23 cm para Pelibuey, en los tres periodos de prueba.

El comportamiento referente al desarrollo testicular de los corderos en reto alimenticio capacidad reproductiva también similar, es decir, que la madurez sexual de estos se alcanza de manera simultánea.

Cuadro 6. Desarrollo testicular de corderos en prueba de comportamiento posdestete en corral*.

Tratamientos Razas	Número de animales	Desarrollo testicular (cm/día)	Desarrollo testicular total durante la prueba (cm)
Pelibuey	10	0.149 ± 0.012	12.99 ± 0.125
Katahdin	10	0.167 ± 0.012	13.99 ± 0.125

$p > 0.05$.

* Medios mínimos cuadrados \pm error estándar.

Las circunferencias testiculares iniciales fueron de 23.6 cm para Pelibuey y 14.9 cm para Katahdin; en tanto que las circunferencias testiculares finales fueron de 32.1 para Katahdin y 31.4 para Pelibuey. Rojas *et al.* (2008) reportaron una circunferencia escrotal promedio

de 28.36 cm para la época de agosto – septiembre, y de 25.48 cm para la época de abril - mayo en ovinos de varias razas y cruza en dos épocas de nacencia.

La capacidad reproductiva de los corderos muestra la madurez sexual. En este trabajo no se encontraron diferencias entre las razas; sin embargo, es posible que los machos Pelibuey pudieran ser más tardíos en alcanzar la pubertad, debido a que no mostraron diferencias ($p>0.05$) con respecto a los Katahdin, que traían dos meses menos de edad promedio.

Está demostrado que en el ganado ovino, entre otros, el tamaño testicular está muy correlacionado con la producción espermática. Entre las técnicas más utilizadas para determinar el tamaño testicular se considera a la circunferencia escrotal, tomando como tal circunferencia la que corresponde al área donde el diámetro testicular tiene su máxima amplitud. La circunferencia escrotal tiene una gran correlación, tanto con el peso testicular como con la producción espermática, por lo que se le considera un indicador de fertilidad.

Como se mencionó anteriormente, aunque no se detectó diferencia significativa entre las razas en estudio ($p>0.5$), es importante mencionar que, al inicio de la prueba, la circunferencia testicular de sementales corderos Pelibuey fue de 23.0 cm y para la raza Katahdin de 14.9 cm, y final de 32.1 cm para los corderos de la raza Pelibuey y de 31.6 cm para los de raza Katahdin (Cuadro 7).

Cuadro 7. Circunferencia testicular inicial y final de corderos en prueba de comportamiento posdestete en corral*.

Tratamientos Razas	Número de animales	Circunferencia testicular inicial (cm)	Circunferencia testicular final (cm)
Pelibuey	10	23.0 ± 3.94	32.1 ± 2.58
Katahdin	10	14.9 ± 1.73	31.6 ± 2.89

$p>0.05$.

* Medios mínimos cuadrados ± error estándar.

Conclusiones

Se concluye que los ovinos de raza Katahdin, fueron los que requirieron un menor costo económico para producir un kg de aumento (\$ 25.42), en comparación con los ovinos de la raza Pelibuey, que requirieron de \$ 33.76 por kg de peso incrementado. Lo anterior representa un costo extra para producir un kg de aumento en raza Pelibuey de 32.8%, con respecto a la raza Katahdin. Sin embargo, es muy importante mencionar que al tratarse de animales de registro, los costos de venta de los sementales oscilan entre \$ 5,000.00 y \$ 8,000.00 en nuestra entidad. En cambio, en el centro de la República Mexicana, dependiendo del prestigio de las ganaderías, los precios pueden llegar hasta \$ 12,000.00 por semental. Por otra parte, también el costo de venta de sementales de raza Katahdin es superior al de raza Pelibuey, alrededor del 20%. Por lo tanto, los animales Katahdin presentaron una mejor alternativa en respuesta alimenticia con respecto a la raza Pelibuey.

Recomendaciones

Es importante mencionar la necesidad de dar un seguimiento posterior referente a prolificidad, comportamiento en los diferentes ambientes alimenticios, así como clima, tipo de agostadero, vegetación y precipitación pluvial. Adicionalmente, es necesario desarrollar pruebas de comportamiento con otras razas existentes, como Black Belly y Dorper; y en su momento, sementales de raza terminal como: Suffolk, Charoláis, Hampshire y Rambouillet, entre otras.

Agradecimientos

Nuestro reconocimiento al M.C. Enrique Enríquez Carrillo, M.C. Gustavo Ibarra Daniel, Dr. Damián Pedroza Pérez e I.A. Manuel Alberto Sánchez Avilés, por su valioso apoyo técnico en el desarrollo de esta investigación.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, M. G., V. L. Melgarejo y N. Y. Castañeda. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Vet. Méx.* 34(1).
- ARTEAGA, C. J. D. 2006. Situación actual de la ovinocultura y sus perspectivas. In: Memorias de la primera semana nacional de ovinocultura. Día demostrativo: «El papel del mejoramiento genético en la producción de carne de ovino». Tulancingo, Hidalgo. México.
- ARTEAGA, C. J. D. 2007. Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México. In: Memorias de Conferencia Magistral. 8° Congreso Mundial de la Lana y el Cordero. Santiago de Querétaro, Querétaro.
- BALL, L., R. S. Ott, R. G. Mortimer and J. C. Simons. 1983. Manual for breeding soundness examination of bulls. *J. Soc. Therio.* XII: 65 pp.
- BURKE, J. M. and J. K. Apple. 2007. Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep wethers. *Small Ruminant Res* 67, 264-270.
- CANTON, G. J. and J. A. Quintal. 2007. Evaluation of growth and carcass characteristics of pure Pelibuey sheep and their cross with Dorper and Katahdin breeds. *J Anim Sci* 85, 571.
- CABRERA, N. A., M. P. Rojas, R. I. Daniel, S. A. Serrano y O. M. López. 2007. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *Revista UDO Agrícola* 7 (1): 245-251.
- CUÉLLAR, O. J. A. 2007. Perspectivas de la producción ovina en México para el año 2010. *La Revista del Borrego.* No. 47 julio-agosto.
- ESQUEDA, C. M. H. 2009. Sistema de producción de ovinos en el Norte de México. INIFAP. Centro Experimental La Campana. Chihuahua. Food and Agriculture Organization (FAO, 2004).
- FINOCCHIARO, R., J. B. C. H. M. Van Kaam, B. Portolano and I. Misztal. 2005. Effect of heat stress on production of Mediterranean dairy sheep. *J. Dairy Sci.* 88:1855-1864.
- GÓMEZ, M. J. 2009. Alternativas de mercado para la carne ovina en México. In: Peláez H. editor. Seminario Internacional de Ovinocultura. Cholula, Pue.
- GUTIÉRREZ, J., M. S. Rubio y R. D. Méndez. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci* 70, 1-5.
- HINOJOSA, C. J. A., A. F. M. Regalado y H. J. Oliva. 2009. Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Katahdin y sus cruces en el sureste de México. *Revista Científica, FCV-LUZ XIX* (5): 522-532. Universidad del Zulia, Venezuela. ISSN (versión impresa): 0798-2259.
- KELLY, C. F. and T. E. Bond. 1971. Bioclimatic factors and their measurement: A guide to environmental research on animals. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA. Vol. XIX, Núm. 5, septiembre-octubre, 2009, pp. 522-532.
- LARA, P. S. J. 2007. Producción de ovinos de pelo en el país. *La Revista del Borrego.* Número 46 mayo-junio.
- MACÍAS, C. U., V. F. D. Álvarez, G. J. Rodríguez, C. A. Correa, O. N. G. Torrentera, R. L. Molina y R. L. Avendaño. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de Medicina Veterinaria* 42 (3): 147-154. ISSN: 0301-732X. Valdivia, Chile.
- MARAI, I. F. M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel and H. M. A. M. Abdel. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. A review. *Small Ruminant Res* 71, 1-12.
- ROJAS, O. R., O. M. Murguía, Q. R. Bores, F. J. Quintal y R. J. J. Baeza. 2008. Ganancia diaria promedio, volumen testicular y circunferencia escrotal. *La Revista del Borrego.* No. 54 sept.-oct. Consultado el 10 de marzo de 2012 en la URL <http://www.borrego.com.mx/archivo/n54/f54escrotal.php>
- SAS. SAS/STAT User's Guide (Released 9.1.3): SAS Inst. Inc. Cary NC, USA. 2002.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Población ganadera, avícola y apícola 2001-2010. [en línea]. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/Resumen/Resumen.pdf. Consultado en mayo, 2012.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Resumen nacional pecuario: producción, precio, valor, animales sacrificados y peso 2001-2011 [en línea]. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=369. Consultado mayo, 2012.
- TABAREZ, R. A., A. A. Porras, H.H. Vaquera, I. J. Hernández, J. Valencia, M. S. Rojas y C. J. Hernández. 2009. Desarrollo embrionario en ovejas Pelibuey y Suffolk en condiciones de estrés calórico. *Agrociencia* 43: 671-680. ISSN (versión impresa): 1405-3195.
- VÁZQUEZ, S. E. T., de la P. J. A. Partida, L. M. S. Rubio y M. D. Méndez. 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 2(3). julio-septiembre. ISSN: 2007-1124. INIFAP. Mérida, Yucatán, México.
- VELÁZQUEZ, M. J. V., V. F. D. Álvarez, O. N. G. Torrentera, G. J. Rodríguez, C. U. Macías, C. A. Correa, and R. L. Avendaño. 2010. Feedlot performance and carcass traits of hair sheep lambs treated with a β -adrenergic agonist during Summer. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science. Vol. 61.
- WILDEUS, S., K. E. Turner and J. R. Collins. 2005. Growth performance of barbado Blackbelly, Katahdin and St. Croix hair sheep lambs fed pasture or hay-based diets. *Sheep & Goat Research Journal* 20:37-41.

Este artículo es citado así:

Moreno-Cañez, E., C. Ortega-García, M. G. Cañez-Carrasco y F. Peñúñuri-Molina. 2013: *Evaluación del comportamiento posdestete en corral de futuros sementales ovinos de raza Katahdin y Pelibuey en Sonora* *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(1): 7-16.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

EDGAR MORENO-CÁÑEZ. Egresó de la licenciatura como Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Sonora en el año 2011. De octubre de 2009 a abril de 2010 participó en la estancia de capacitación en la empresa Jet-Pipe (Ures, Sonora), dentro del programa de estancias con estudiantes de la Universidad de Sonora en Empresas y Despachos que apoya Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). Fue asistente en investigación en la empresa "Rancho El 17" de abril de 2011 a abril de 2012, desempeñando funciones como lectura de comederos, asignación de consumos, apoyo en investigaciones y control de proceso productivo de ganado para exportación. Ponente en el VIII Congreso del Noroeste e IV Nacional de Ciencias Agroalimentarias y Biotecnología (2013). Actualmente se encuentra laborando en JBS Five Rivers Cattle Feeding. Management trainee desde agosto de 2012.

CÉSAR ORTEGA-GARCÍA. Terminó su licenciatura en 1982, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Realizó su posgrado en Chihuahua, Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Reproducción y Genética animal en 1992 por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Desde 1984 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNO), Campo Experimental Costa de Hermosillo (CECH) y posee la categoría de Investigador titular C. Su área de especialización es el mejoramiento genético de bovinos, ovinos y caprinos. Ha sido asesor en tres tesis y partícipe en el jurado para la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo. Es autor y coautor en aproximadamente 50 artículos técnicos y científicos, más de 30 ponencias en congresos, autor y coautor en más de 20 folletos técnicos y para productores así como en más de 5 desplegables o trípticos para productores; además ha impartido alrededor de 12 conferencias por invitación y ha dirigido seis proyectos de investigación y transferencia de tecnología, financiados por fuentes externas.

MARÍA GUADALUPE CÁÑEZ-CARRASCO. Es egresada de la licenciatura de Químico Biólogo con especialidad en Tecnología de Alimentos en la Universidad de Sonora. Realizó sus estudios de posgrado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., obteniendo el grado de maestro en ciencias con especialidad en nutrición y alimentos. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (1984-1987). Es maestro de tiempo completo Titular "B" del Departamento de Ciencias Químico Biológicas (DCQB) de la Universidad de Sonora desde 1987. Es miembro del grupo constituido por profesores del DCQB dedicados desde 2004 a promover el uso de técnicas de laboratorio en microescala como alternativas de trabajo docente orientadas a sustituir o reemplazar parcialmente los experimentos que ya existen con la finalidad de conservar a la química como una ciencia experimental. Ha asistido a cursos y congresos de actualización nacionales e internacionales. Ha sido presidente y secretario de las academias de Química y Biología y de Físicoquímica. Es integrante de comisiones departamentales y divisionales. Además ha publicado manuales y artículos científicos dentro de estas áreas académicas. Es coordinadora de Prácticas Profesionales de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro.

FRANCISCO JAVIER PEÑÚÑURI MOLINA. Terminó su licenciatura como Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1975 en la Universidad de Sonora. Trabajó en CIPES-INIP-INIFAP desde 1975 hasta 2007, donde terminó como Investigador Titular "C". Fue miembro del SNI de 1992 a 1994, nivel 1. Dentro de sus programas de proyectos, trabajó en áreas de forrajes bajo riego, en la producción de carne y leche, con ganado bovino, ovino y caprino. Es autor y coautor de más de 75 publicaciones, así como director de seis tesis de licenciatura y seis tesis como asesor o secretario. Ha participado en más de 30 congresos o simposios nacionales y en cuatro internacionales. Ha dictado más de 100 conferencias dirigidas a técnicos y productores agropecuarios. Fue Jefe de Campo en el INIFAP durante seis años y Director Técnico del Patrocipes, de 1992 a 1997. Es autor del libro "Batuc: Cultura y Tradiciones". Actualmente trabaja en el Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG) de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora, impartiendo clases en diferentes licenciaturas, en especial "Ética y Desarrollo Profesional" así como ovino caprinos y aprovechamiento de forrajes en el DAG.

Uso de benzoato de estradiol o GnRH en vaquillas sincronizadas con progesterona y $\text{PGF}_{2\alpha}$

Use of estradiol benzoate or GnRH in heifers synchronized with progesterone and $\text{PGF}_{2\alpha}$

ALBERTO FLORES-MARIÑELARENA^{1,2}, EFRAÍN ENRÍQUEZ-BUENO¹, ALFREDO ANCHONDO-GARAY¹, JUAN ALBERTO GRADO-AHUIR¹, CARLOS RODRÍGUEZ-MUELA¹ Y JOSÉ ALEJANDRO RAMÍREZ-GODÍNEZ¹

Recibido: Mayo 18, 2012

Aceptado: Agosto 14, 2012

Resumen

El objetivo fue evaluar el benzoato de estradiol (BE) o GnRH en tiempo al estro (TE; h), porcentajes de estros (PE) y gestación (PG), área del cuerpo lúteo (aCL; cm^2) y niveles séricos de progesterona (NSP_4 ; ng/mL) en vaquillas sincronizadas con progesterona y $\text{PGF}_{2\alpha}$; en dos tratamientos: T1 (n=23), CIDR por siete días y 2 mg de BE (día 0), al retirarlo 25 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y 24 h después 1 mg de BE; T2 (n=23) CIDR por siete días y 100 μg de GnRH (día 0), al retirarlo 25 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y a la IA 100 μg de GnRH. La IA fue de 12-18 h de iniciado el estro y las que no mostraron estro se IATF 56 h de retirado el CIDR. Los NSP_4 y aCL se evaluaron diez días después de la IA. El TE, NSP_4 y aCL se analizaron con GLM y el PG con GENMOD considerando el efecto de tratamiento, NSP_4 y aCL. El PE fue analizado con CATMOD. Para determinar la correlación entre aCL y NSP_4 se utilizó CORR. No se encontró efecto de tratamiento ($P>0.05$) para TE, PG y aCL; El PE fue mayor ($P<0.05$) en T1 (100%) que en T2 (60.8 \pm 10.1%). Los NSP_4 fueron 4.9 \pm 0.3 T2 vs 3.7 \pm 0.4 T1 y 4.9 \pm 0.4 en gestantes vs 3.8 \pm 0.3 ng/mL en vacías ($P<0.05$). El aCL no correlacionó con los NSP_4 (-0.007; $P>0.05$). El uso de BE incrementó el porcentaje de vaquillas en estro sin mejorar la fertilidad, los niveles séricos de progesterona fueron mayores con GnRH y en gestantes.

Palabras clave: cuerpo lúteo, ganado de carne, inseminación artificial, progesterona.

Abstract

The objective was to evaluate the use of estradiol benzoate (EB) or GnRH on time to estrus (TE), estrus percentage (EP), pregnancy rate (PR), luteal area (aCL; cm^2) and the serum progesterone levels (NSP_4) in heifers synchronized with progesterone and $\text{PGF}_{2\alpha}$ in two treatments: T1 (n =23), 7-d CIDR (d =0) and 2 mg of EB at withdrawing 25 mg of $\text{PGF}_{2\alpha}$ and 24 h later 1 mg of EB; T2 (n =23), 7-d CIDR and 100 μg of GnRH (d =0), at withdrawing 25mg of $\text{PGF}_{2\alpha}$ and at AI 100 μg of GnRH. The AI was performed 12–18 h after estrus detection and for those heifers that were not detected in estrus FTAI at 56 h, was performed after CIDR removal. The NSP_4 and aCL were evaluated ten days after AI. TE, NSP_4 and aCL were analyzed by PROC GLM. The PR with GENMOD, considering the effect of the treatment, NSP_4 and aCL. The EP was analyzed with CATMOD. A correlation analysis was performed between aCL and NSP_4 with CORR. Treatment effect was not found for TE, PR and aCL ($P>0.05$). The EP was 100% T1 vs 60.8 \pm 10.1% T2 ($P<0.05$). The aCL and NSP_4 were not correlated. Time to estrus and fertility were similar ($P>0.05$) between treatments. The NSP_4 were 4.9 \pm 0.3 T2 vs 3.7 \pm 0.4 ng/mL T1 and 4.9 \pm 0.4 in pregnant heifers vs 3.8 \pm 0.3 ng/mL in open heifers ($P<0.05$). The aCL was not correlated with NSP_4 (-0.007; $P>0.05$). The use of EB increases the percentage of heifers in estrus without improving fertility, the serum progesterone levels were higher with GnRH and in pregnant.

Keywords: corpus luteum, beef cattle, artificial insemination, progesterone.

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada Km 1.0 de la Carretera Chihuahua-Cauhtémoc. Chihuahua, Chih., México. C. P. 31031. Tel (614) 434-0303.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: aflore@uach.mx.

Introducción

El desarrollo de métodos de sincronización del estro (SE) ha permitido utilizar en forma más eficiente la IA en bovinos. Mediante la SE es posible lograr que las hembras dispongan de una oportunidad adicional para quedar gestantes. Esta consiste, sencillamente, en manipular el ciclo estral para que la mayor parte de las hembras manifiesten estro en un periodo de tiempo corto (Salverson y Perry, 2007).

La fisiología reproductiva del ciclo estral en bovinos ha sido bien estudiada, a consecuencia de esto, existen varios protocolos de SE que se han desarrollado para su uso en vaquillas y vacas. Desafortunadamente, mantener un eficiente programa de detección de estros y personal altamente calificado es un gran reto. En la medida que decrece la precisión y la eficiencia de la detección de estros, aumenta la importancia de buscar alternativas sobre la utilización de programas de sincronización con Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) (Bridges *et al.*, 2008a). Entre los sistemas de SE y/o ovulación, destaca el Co-synch con duración de cinco días, y aunque los protocolos de sincronización varían en su duración, su finalidad es sincronizar el estro y la ovulación, han reportado ser eficientes para facilitar la IATF (Perry *et al.*, 2012).

Además, el estudio de la dinámica ovárica con la utilización de protocolos para una IATF en base a la respuesta ovulatoria a la inyección inicial de Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH) al momento de aplicar el Dispositivo de Liberación Interna de Droga Controlada (CIDR), durante los primeros tres días para evaluar la dinámica folicular durante la sincronización y en los días tres, cinco y nueve para evaluar la concentración de P₄, tamaño del folículo ovulatorio y la respuesta a la segunda aplicación de GnRH en cuanto a inducción de la ovulación y desarrollo de un cuerpo lúteo (CL) funcional (Cruppe *et al.*, 2012). Igualmente, con estos protocolos se pretende la inducción de una nueva onda folicular antes de retirar el progestágeno con la administración de GnRH al inicio del protocolo; sin embargo, la falta de respuesta al GnRH debido al estadio del ciclo

estral cuando se suministra y una incompleta regresión del CL al momento de retirar el progestágeno contribuyen a la falla en la concepción a la IATF (Giles *et al.*, 2012).

Por otro lado, se han obtenido los mejores resultados con los protocolos que combinan el uso de progestágenos y estrógenos o GnRH (Carbajal *et al.*, 2005). La aplicación de estrógenos al retiro del progestágeno permite que se reduzca el tiempo en que se presenta la ovulación (Peralta *et al.*, 2010).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de benzoato de estradiol (BE) o GnRH sobre el tiempo y porcentaje de estros (PE), gestación (PG), área del cuerpo lúteo (aCL) y niveles séricos de progesterona (NSP₄) en vaquillas sincronizadas con progesterona natural y PGF₂α.

Materiales y métodos

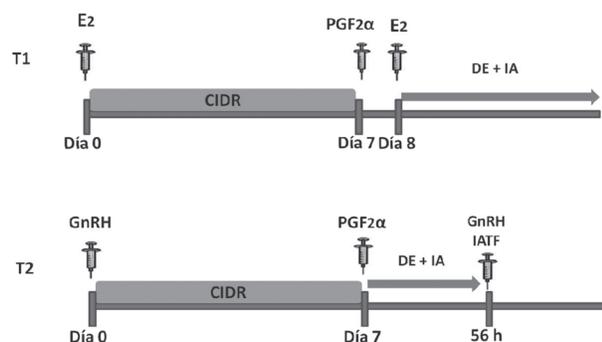
El trabajo inició en octubre del 2009 y finalizó en noviembre del 2010, se realizó en el rancho El Puente, localizado en el municipio de General Trías del estado de Chihuahua; este se ubica en el Km 18 del entronque de la carretera vía corta a la ciudad de Parral, a una latitud norte de 28° 17' y 106° 15' de longitud oeste, a 1630 msnm; una temperatura media anual de 16 °C, precipitación pluvial media de 400 mm con régimen de lluvias en verano, es decir, de julio a octubre (INEGI, 2005).

Los animales fueron alimentados en una pradera de invierno a razón de una hora diaria, permaneciendo el resto del día en corral, ofreciéndoles un suplemento a base de rastrojo de maíz molido, grano de maíz y minerales. Para la siembra de la pradera se utilizó una

mezcla de semillas de las especies ryegrass anual (*Lolium multiflorum* L.) variedad Oregon, avena (*avena sativa* L.), centeno (*Secale cereale*) y triticale (*Triticosecale* Wittm.) en una proporción de 37, 21, 21, y 21% respectivamente, con una densidad de siembra de 119 kg/ha. La dieta diaria ofrecida a los animales consistió en 6.9 kg de materia seca (MS) con un total de 662 gr de PC y 19.1 Mcal de Energía Metabolizable, de acuerdo a las recomendaciones de NRC (2000).

Se utilizaron un total de 46 vaquillas (35 Angus y 11 Salers) con una edad de 18 a 24 meses y un peso de 379.7 kg, la selección de los animales fue por diagnóstico de un cuerpo lúteo funcional (ciclando) por medio de ultrasonografía, con un ultrasonido Aloka SSD-500V y un transductor de 5.0 MHz. (Sirois y Fortune, 1988). Los animales fueron asignados al azar a uno de dos tratamientos (Figura 1); el tratamiento uno (T1; n=23) consistió en una inyección de 2 mg de BE intramuscular (i.m.) a la inserción de un CIDR con 1.9 g de progesterona natural (P₄). Siete días después, se retiró del CIDR y se inyectaron 25 mg de cloprostenol (PGF₂α) i.m. y 24 h después 1 mg de BE. El tratamiento dos (T2; n=23), se aplicó 100 µg de GnRH, (día=0) a la inserción del CIDR. El día siete se retiró el CIDR y se aplicó 25 mg de cloprostenol (PGF₂α) y 100 µg de GnRH al momento de la inseminación artificial (IA).

Figura 1. Protocolos de sincronización de estros en vacas y vaquillas de carne.



DE: detección de estros; IA: inseminación artificial; IATF: inseminación artificial a tiempo fijo; E2: aplicación de benzoato de estradiol; GnRH: aplicación de cystorelin®; CIDR: tiempo de duración de progesterona; PGF₂α: aplicación de cloprostenol; T1, BE + CIDR; T2, GnRH + CIDR.

La detección de estro se realizó por medio de apreciación visual por personal calificado, desde el retiro de CIDR hasta la IATF. Las hembras que presentaron estro fueron IA de 12 a 18 h de iniciado éste, y las no detectadas en estro se IATF 56 h después de retirado el CIDR.

También se determinó el aCL y NSP₄, 10 días después de la IA. El aCL, se realizó por medio de ultrasonografía, (Sirois y Fortune, 1988). Para determinar los NSP₄, se tomaron muestras de sangre por medio de punción de la vena coccígea, estas se mantuvieron a temperatura ambiente 45 min antes de ser centrifugadas a 3000 rpm durante 15 min, decantando el suero en tubos vacutainer para ser almacenados a una temperatura de -10 °C. Las muestras se trasladaron congeladas al laboratorio de radioinmunoanálisis (RIA) de la Universidad Estatal de Nuevo México (New Mexico State University), en Las Cruces, Nuevo México, donde se determinaron las concentraciones séricas de P₄, por medio de la técnica de RIA (Schneider y Hallford, 1996).

Las variables medidas fueron: tiempo de respuesta al estro en horas (TE); porcentaje de respuesta al estro (PE); porcentaje de gestación (PG); área del cuerpo lúteo en cm² (aCL); niveles séricos de progesterona en ng/mL (NSP₄). El análisis de los datos de TE, NSP₄ y aCL se realizó con el procedimiento GLM del paquete SAS (2002) ajustando un modelo que incluyó como efecto fijo el tratamiento. Para el PG, se analizó por medio del procedimiento GENMOD (SAS, 2002), donde se incluyó además del efecto de tratamiento, el NSP₄ y el aCL. La respuesta al estro fue analizada con base en el porcentaje de animales que presentaron estro a las 32, 38, 44, 50 y 56 h, ajustando en el procedimiento CATMOD (SAS, 2002) el modelo incluyó como efecto fijo el tratamiento. Se llevó a cabo un análisis de correlación entre las variables aCL y los NSP₄ utilizando el procedimiento CORR (SAS, 2002). Se consideró un nivel mínimo de significancia de 0.05.

Resultados y discusión

Para el tiempo de respuesta al estro no hubo diferencias después del retiro del CIDR ($P > 0.05$), la media para T1 y T2 fue de 38.9 ± 1.0 vs 39.9 ± 1.3 h, respectivamente (Cuadro 1). El uso de BE o GnRH no afectó el tiempo de respuesta al estro después de retirado el CIDR. Martínez *et al.* (2002) evaluaron el uso de un CIDR-B con GnRH, LH, o BE, y reportaron una media de 48 h para el tiempo de respuesta al estro. Abad *et al.* (2006) evaluaron el uso de BE, donde el tiempo de respuesta al estro fue de 44.5 h; por otro lado, Martínez *et al.* (2010) reportaron tiempos de respuesta al estro de 52.1 ± 17.2 vs. 52.5 ± 10.6 h en donde evaluó un CIDR por ocho días y el día siete se inyectó PGF₂α en comparación con la aplicación adicional de 2 mg de BE al colocar el CIDR.

Cuadro 1. Respuesta al estro y fertilidad en vaquillas sincronizadas con CIDR, PGF₂α y benzoato de estradiol o GnRH.

Ítem	T1	T2
Parámetro	n = 23	n = 23
Tiempo al estro (h)	38.9 ± 1.0	39.9 ± 1.3
Respuesta al estro (%)	100 ^a	60.8 ± 10.1^b
Porcentaje de gestación (%)	56.5 ± 10.3	47.8 ± 10.4

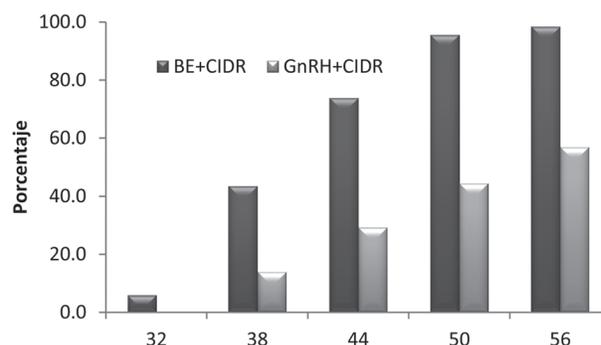
T1= BE + CIDR; T2= GnRH + CIDR; ab diferentes literales entre columnas denotan diferencia significativa ($P < 0.05$).

El porcentaje de respuesta al estro a las 56 h de retirado el CIDR fue 100% en T1 y $60.8 \pm 10.1\%$ en T2 (Cuadro 1), los cuales fueron diferentes significativamente ($P < 0.05$). Se observa que la mayor concentración de estros para ambos tratamientos fue de las 44 a 50 h después de retirado el CIDR (Figura 2).

Estos resultados indican que hubo una mayor sincronía de estro en las hembras a las que se les aplicó BE. Esto puede atribuirse a que los estrógenos exógenos incrementan el comportamiento del estro o bien aumentan los pulsos y la frecuencia de la LH, logrando con ello que se reduzca el tiempo en que se presenta la ovulación, por lo que puede utilizarse para realizar la IA (Peralta *et al.*, 2010), haciendo

innecesaria la observación y la detección de estros para la IA. En contraste, la aplicación del GnRH asegura la ovulación por distintos mecanismos, facilitando la IATF (Sprott y Carpenter, 2007). Estos resultados son similares a los reportados por Martínez *et al.* (2000) quienes mencionan que la tasa de estro fue menor en el grupo tratado con GnRH (55%) que en el BE + P₄ (100%). En otro estudio realizado por Martínez *et al.* (2010) con el objetivo de determinar la eficacia del BE al introducir un CIDR (CIDR por ocho días, el día siete se aplicaron vía intramuscular PGF₂α vs CIDR+2 mg de BE al colocar el CIDR y el día siete PGF₂α), no encontró diferencias entre tratamientos para porcentaje de estro de 89.47 vs 93.33%, respectivamente.

Figura 2. Porcentaje de estros acumulados en vaquillas tratadas con dos protocolos de sincronización.



Para porcentaje de gestación no se encontró diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$), con medias de $56.5 \pm 10.3\%$ vs $47.8 \pm 10.4\%$ para el T1 y T2, respectivamente (Cuadro 1). Los resultados de este trabajo son inferiores a los reportados por Martínez *et al.* (2002) quienes evaluaron el uso del CIDR con GnRH, LH, o BE con IATF en vaquillas de carne, la tasa de gestación fue 67.2%, 61.3%, y 62.5%, respectivamente.

Sin embargo, cuando se evaluó la variable de gestación con respecto a las vaquillas que presentaron estro, el $56.5 \pm 10.3\%$ del T1 quedaron gestantes, y para las vaquillas que fueron tratadas con T2, del total que presentaron

estro, el $57.1 \pm 13.2\%$ quedaron gestantes. Además las vaquillas que no presentaron estro y se IATF, quedaron gestantes el $33.3 \pm 15.7\%$. Estos resultados indican que hay vaquillas que no muestran estro y quedan gestantes, ya que al parecer, el GnRH induce a la ovulación aún cuando estas no presentan estro.

Bó *et al.* (2002) evaluaron CIDR y BE o GnRH, donde observaron que las ovulaciones ocurrieron en promedio entre 60 y 84 h después de retirado el CIDR, con un 37% de vacas que ovularon entre las 72 y 84 h, lo que indica que el semen debería mantenerse viable y en condiciones de fertilizar el tracto reproductivo femenino durante 24 h o más. Por lo tanto, el semen utilizado debe ser de excelente calidad en programas de IATF, sobre todo si se decide utilizar GnRH en el momento de la IA. Los tratamientos con progestágenos que se acompañan de la aplicación de estradiol el día de la inserción del dispositivo tienen una baja fertilidad, esto consiste en la falla en la sincronización de los eventos periovulatorios, y en la presentación de estros anovulatorios, dicha circunstancia es provocada por niveles residuales de estradiol al momento de retirar el CIDR (Lugo *et al.*, 1999).

También se ha demostrado que el uso único de progestágenos es insuficiente para modular la secreción de la LH, ya que al disminuir la frecuencia del pulso de esta, permite la continuación del crecimiento folicular y, en consecuencia, la ovulación después de su retiro (Walker *et al.*, 2005). Por otro lado, Perry *et al.* (2005) en su estudio donde evalúan el uso del CO-Synch a 5 y 7 d, mencionan que con el uso por 7 d resultó en una proporción de vacas que ovularon folículos más pequeños que el diámetro típico al momento de la IA, lo cual se reflejó en una fertilidad baja. Estas hembras tuvieron menores concentraciones preovulatorias de estradiol comparadas con 5 d. Bridges *et al.* (2008b) concluyeron que los folículos pequeños al momento de la ovulación sincronizada, resultaron de atresia folicular espontánea con la iniciación del desarrollo de una nueva onda

folicular durante los estadios tardíos del intervalo entre la aplicación inicial del GnRH y de las PGF₂α en vacas que no respondieron al primer tratamiento de GnRH.

No se encontró correlación entre aCL y los NSP₄ (-0.007; P>0.05) y cuando se analizó el aCL en función del estado fisiológico tampoco se encontró diferencia significativa (P>0.05). El promedio del aCL para las vaquillas que quedaron gestantes fue de $2.6 \pm 0.2 \text{ cm}^2$ y para las vaquillas que no resultaron gestantes fue de $2.5 \pm 0.2 \text{ cm}^2$ (Cuadro 2). Estos resultados son similares a los descritos por Peres *et al.* (2006), quienes evaluaron la tasa de preñez en 478 vacas cruzadas con cebú candidatas a ser receptoras de embriones, las cuales fueron tratadas con dispositivos con P₄+2 mg de BE en el día cero y 400 UI de eCG más 150 µg de PGF₂α en el día cinco. En el día ocho se retiró la P₄, las vacas fueron divididas al azar para recibir 1 mg de BE (grupo BE 8) o 24 h más tarde (grupo BE 9). Todas las vacas fueron examinadas en el día 16 por ultrasonografía y en todas aquellas con un CL>256 mm² se realizó la transferencia de embriones frescos o congelados. Las tasas de preñez fueron 61.1% para BE 8 vs 49.7% para BE 9 (P=0.03).

Cuadro 2. Área del cuerpo lúteo y niveles séricos de progesterona por tratamiento y estado fisiológico.

Tratamiento	Área CL (cm ²)	NSP ₄ (ng/mL)
T1	2.6 ± 0.2	3.7 ± 0.4^a
T2	2.6 ± 0.2	4.9 ± 0.3^b
Estado fisiológico		
Gestantes	2.6 ± 0.2	4.9 ± 0.4^a
Vacías	2.5 ± 0.2	3.8 ± 0.3^b

T1 = BE + CIDR.

T2 = GnRH + CIDR.

^{ab} Valores con diferentes literales entre filas son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Vasconcelos *et al.* (2001) reportaron que el tamaño del folículo preovulatorio está relacionado positivamente con el tamaño del CL que se forma y con la resultante tasa de preñez.

Las vaquillas del T2 tuvieron mayor cantidad de NSP₄ (P<0.05) que las del T1, con promedio de 4.9 ± 0.3 vs 3.7 ± 0.4 ng/mL, respectivamente (Cuadro 2).

Para los NSP₄ en función del estado fisiológico también se encontraron diferencias significativas (P<0.05) en vaquillas gestantes y vacías, con promedios de 4.9 ± 0.4 ng/mL vs 3.8 ± 0.3 ng/mL, respectivamente. Lauderdale (2009) evaluó el efecto de distintos estrógenos (estradiol-17α, 17α-estradiol, estrona y valerato de estradiol) administrados mediante inyecciones i.m. todos los días del ciclo estral en vaquillas Hereford (n = 99), reportando que la aplicación diaria de estrógenos resultó en la disminución del peso de CL, del contenido de P₄, el peso del líquido folicular y, así mismo, provocó la disminución del número de folículos de <15 mm.

Fernández (2003) indica que el uso de los estrógenos tiene como misión producir la regresión de un posible CL en formación (los estrógenos son potentes agentes anti-luteotróficos en los primeros días del ciclo) y, al mismo tiempo, provoca la atresia del folículo dominante de la onda de desarrollo folicular en curso e induce una nueva onda folicular entre cuatro y cinco días más tarde. Este es el principal motivo que explica la sincronización tan perfecta que se obtiene mediante los tratamientos a base de estrógenos, ya que se consigue manipular las ondas de desarrollo folicular de manera que en todos los animales tratados se inicia una nueva onda prácticamente, así pues, la ovulación se producirá de un modo casi simultáneo en todos los animales alrededor de las 60 h. Lauderdale (2009) menciona que durante los años de 1943 a 1965, descubrió que el uso de la GnRH estimula la liberación de la LH, esto provoca que folículos ovulen y, por consecuencia, aumentan la producción de P₄ por el CL. Esto quizá explique la forma como los NSP₄ se comportaron en los tratamientos evaluados en este estudio.

Conclusiones

En vaquillas de carne, el uso de benzoato de estradiol o GnRH en protocolos de sincronización de estros e inseminación artificial con CIDR y PGF₂α, resulta en similar tiempo al estro, porcentaje de gestación y área del cuerpo lúteo; sin embargo, el benzoato de estradiol incrementa el porcentaje de estros, y los niveles séricos de progesterona fueron mayores en las vaquillas tratadas con GnRH y en las gestantes.

Literatura citada

- ABAD, Z. J., J. A. Ramírez, A. Flores, A. Grado, y A. García. 2006. Benzoato de Estradiol en vaquillas sincronizadas con progesterona y prostaglandina. *Archivos de Zootecnia*. 55:15-20.
- BÓ, G. A., L. Cutaia y R. Tribulo. 2002. Inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: Algunas experiencias realizadas en Argentina. Segunda parte. *Taurus*. 15:17-32.
- BRIDGES, G. A., L.A. Helser, D.E. Grum, M. L. Mussard, C. L. Gasser, y M. L. Day. 2008a. Decreasing the interval between GnRH and PGF2a from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*. 69:843-851.
- BRIDGES, A., S. Lake., R. Lemenager., y M. Claeys. 2008b. Timed-Artificial Insemination in Beef Cows: What are the Options? Purdue Beef Team. Department of Animal Sciences, Purdue University. AS-575-W.
- CARBAJAL, B., T. De Castro., y E. Rubianes. 2005. Uso de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona y benzoato de estradiol en animales en anestro y ciclando en rodeos lecheros de parición estacionada. *Taurus*. 27:20-34.
- CRUPPE, L. H., G. A. Bridges, M. U. Biehl, F. M. Abreu, A. D. P. Rodrigues, S. G. Kruse, M. Maquivar, J. L. M. Vasconcelos y M. L. Day. 2012. Ovarian dynamics and AI pregnancy rates with PGF2a administration 2 d prior to the onset of a 5 d Co-Synch + CIDR program in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 90, (Supl.3): 237.
- FERNÁNDEZ, T. Á. 2003. Dinámica folicular: funcionamiento y regulación Departamento de Reproducción Animal, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay.
- GILES, R. L., R. K. Peel, J. T. French, P. E. Repenning, J. K. Ahola, J. C. Whittier and G. E. Seidel Jr. 2012. Fixed-time AI in lactating beef cows after GnRH on day 9 of 14 d CIDR. *J. Anim. Sci.* 90, (Supl.3): 238.
- INEGI. 2005. Carta topográfica anuario estadístico del Estado de Chihuahua, Gobierno del Estado de Chihuahua. Chihuahua, Chih. Mex.
- LAUDERDALE, J. W. 2009. ASAS Centennial Paper: Contributions in the Journal of Animal Science to the development of protocols for breeding management of cattle through synchronization of estrus and ovulation *J. Anim. Sci.* 87:801-812.
- LUGO, L. S., C. J. Hernández, y L. L. López. 1999. Función del cuerpo lúteo formado a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, en vaquillas Holstein tratadas con un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR-B), en ausencia de un cuerpo lúteo. *Veterinaria, México*. 30:95-98.

- MARTÍNEZ, P. P., S. R. Rangel, S. C. Apodaca, L. R. Rodríguez, O. J. Ayala, y O. J. C. García. 2010. Efecto del Benzoato de Estradiol en la sincronización de celos de vacas Charoláis. *In: Memorias de la XX Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos*. 7 y 8 de octubre de 2010. Mexicali, B.C p. 332-336.
- MARTÍNEZ, M. F., J. P. Kastelic, G. P. Adams, E. Janzen, D. H. McCartney, y R. J. Mapletoft. 2000. Estrus synchronization and pregnancy rates in beef cattle given CIDR-B, prostaglandin and estradiol, or GnRH. *Can. Vet. J.* 41:786-790.
- MARTÍNEZ, M. F., J. P. Kastelic, G. P. Adams, y R. J. Mapletoft. 2002. The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 80:1746-1751.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. Updated 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, D. D.
- PERALTA, T., J. R. Aké, F. G. Centurión, y J. G. Magaña. 2010. Comparación del cipionato de estradiol vs benzoato de estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con CIDR en novillas y vacas *Bos indicus*. Universidad Juárez del Estado de Tabasco. *Uniciencia*. 26(2):163-169.
- PERES, L. C., D. Pincinato, E. Balla, D. M. Peña, L. F. Borges, L. Cutaia, G. A. Bó. 2006. Tasas de preñez en receptoras de embriones tratadas con dispositivos intravaginales con progesterona y benzoato de estradiol en el momento de la remoción del dispositivo o 24 h más tarde. *In: XIX Brazilian embryo technology society (SBTE) Annual meeting*. August 25 to 28, 2005. *Angra dos Reis-Brasil. Acta Scientiae Veterinariae*. 33:(Supl 1): 220.
- PERRY, G. A., M. F. Smith, M. C. Lucy, J. A. Green, T. E. Parks, M. D. MacNeil, A. J. Roberts, y T. W. Geary. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proc Natl Acad Sci*; 102(14): 5268-5273.
- PERRY, G. A., J. K. Grant, J. A. Walker, G. A. Bridges, S. G. Kruse, S. Bird, K. Heaton, R. Arias y S. L. Lake. 2012. Comparison of three CIDR-based fixed-time AI protocols for beef heifers. *J. Anim. Sci.* 90, (Supl.3): 237.
- SALVERSON, R., y G., Perry. 2007. Cómo funcionan los protocolos de sincronización del celo en vacas, reproducción en vacuno de carne. Revista electrónica Albéitar 111. <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/4970/ALBEITAR-ONLINE-GRATIS/colección-albeitar-pdf-números-92-121.html>. Accesado el 15 de agosto del 2010.
- SAS Institute. 2002. SAS User's guide. SAS institute Inc., Cary, NC.
- SCHNEIDER, F. A. y D. M. Hallford. 1996. Use of rapid progesterone radioimmunoassay to predict pregnancy and fetal numbers in ewes. *Sheep and Goat Research. J.* 12: 38-38.
- SIROIS, J, y J. E. Fortune. 1988. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308-317.
- SPROTT, L. R. y B. B. Carpenter. 2007. Synchronizing Estrus in Cattle. Agri LIFE Extension, B-6123. Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
- VASCONCELOS, J. L., R. Sartori, H. N. Oliveira, J. G. Guenther, M. C. Wiltbank. 2001. Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology*. 56: 307-314.
- WALKER, R. S., R. M. Enns, T. W. Geary, R. G. Mortimer, B. A. Lashell, y D. D. Zalesky. 2005. Evaluation of Gonadotropin-Releasing Hormone at Fixed-Time Artificial Insemination in beef heifers synchronized using a modified CO-Synch plus controlled internal device release protocol. *Professional Animal Scientist* 21:190-194. 

Este artículo es citado así:

Flores-Mariñelarena, A., E. Enríquez-Bueno, A. Anchondo-Garay, J. A. Grado-Ahuir, C. Rodríguez-Muela y J. A. Ramírez-Godínez. 2013: *Uso de benzoato de estradiol o GnRH en vaquillas sincronizadas con progesterona y PGF₂α*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(1): 17-24.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

ALBERTO FLORES-MARIÑELARENA. Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Chihuahua en 1986. Maestro en Ciencias por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua en 1991. Académico Titular C de 1986 a la fecha en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. De 2000 a 2004 fue Jefe del Departamento de Reproducción y Genética de la División de Posgrado e Investigación de la Facultad de Zootecnia. De 2006 a 2010 fue coordinador de Investigación y Posgrado de la Facultad de Zootecnia y Ecología. Su área de especialización es Reproducción y Genética. Cuenta con el perfil PROMEP desde el 2001. Actualmente es miembro del Cuerpo Académico de Reproducción y Mejoramiento Genético (UACH-CA4) y cultiva la línea de investigación «Biotecnologías Reproductivas y Interacción Nutrición-Reproducción». Ha dirigido 2 tesis de licenciatura y 5 de maestría. Es autor de aproximadamente 70 artículos científicos, ha participado en congresos y foros nacionales e internacionales; tiene 1 capítulo de libro científico; ha dirigido 6 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Siempre ha estado vinculado con el sector productivo, específicamente con los criadores de ganado de registro en México.

EFRAÍN ENRÍQUEZ-BUENO. Terminó su licenciatura en 2007, año en que le fue otorgado el título de Médico Veterinario Zootecnista por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Realizó su posgrado en Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias con área mayor en Reproducción en 2011, en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Actualmente se encuentra en la práctica privada de medicina veterinaria.

ALFREDO ANCHONDO-GARAY. Ingeniero Zootecnista egresado en 1981. Maestría en Ciencias en Producción Animal (1986). Especialidad: Reproducción y Genética Animal. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Se ha desempeñado como maestro investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Baja California Sur, Universidad de Guanajuato y, a partir de 1987, en la Universidad Autónoma de Chihuahua, impartiendo diversas cátedras de licenciatura y posgrado. Cuenta con el perfil PROMEP desde noviembre del 2006 a la fecha. Actualmente es miembro del Cuerpo Académico (CA4) Reproducción y Mejoramiento. Asimismo, se ha desempeñado en diversos puestos administrativos en la Universidad Autónoma de Chihuahua como: Jefe del Departamento de Reproducción y Genética, Coordinador Académico de la Secretaría de Investigación y Posgrado, Secretario de Extensión y Divulgación y Presidente de la Academia de Reproducción y Genética Animal. Ha tenido participación en diversos congresos nacionales e internacionales y publicado diversos trabajos. A la fecha, es autor y coautor de 12 artículos en revistas arbitradas e indizadas, 25 memorias en extenso de congresos nacionales e internacionales y 12 artículos en revistas de divulgación como resultado de la investigación desarrollada por más de 20 años. Tesis dirigidas: 1 de licenciatura y 16 de maestría en ciencias.

JUAN ALBERTO GRADO-AHUIR. Terminó su licenciatura en 1992, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la Facultad de Zootecnia de la UACH, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Reproducción y Genética, y Maestro en Estadística Aplicada; el grado de Doctor en Filosofía también en el área de Reproducción y Genética lo obtuvo en el 2008 por la Universidad Estatal de Oklahoma, USA. Desde 1996 labora en la Facultad de Zootecnia de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Ha sido candidato del Sistema Nacional de Investigadores desde 2009. Su área de especialización es la Reproducción y Genética. Ha dirigido 1 tesis de licenciatura, y 3 de maestría. Es autor de aproximadamente 70 artículos científicos, y más de 10 ponencias en congresos; además ha impartido conferencias por invitación y ha dirigido 2 proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

CARLOS RODRÍGUEZ-MUELA. Es Ingeniero Zootecnista desde 1982; estudió la Maestría en Producción Animal en 1992 y el doctorado con especialidad de Nutrición Animal en 1999 en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se ha desempeñado como maestro investigador de tiempo completo en la facultad de zootecnia desde 1982, impartiendo diversas cátedras de licenciatura y posgrado, habiendo formado a la fecha 9 maestros en ciencias y 4 doctores. Cuenta con el perfil PROMEP desde el 2001 y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores como investigador SNI-1. Actualmente es miembro del Cuerpo Académico de Nutrición Animal (UACH-CA1) y cultiva la línea de investigación «Bio-procesado y evaluación integral de alimentos para animales». Ha sido responsable técnico de 8 proyectos de investigación financiados por diversas instituciones y dependencias oficiales y ha participado en más de 25 congresos nacionales e internacionales y publicado diversos trabajos como resultado de la investigación desarrollada por más de 25 años. Ha colaborado como asesor técnico de diversas dependencias públicas y privadas como ALBAMEX, S.A. de C.V., Fundación Produce Chihuahua y la Unión Ganadera Regional de Chihuahua, además de otros organismos y empresas privadas relacionadas con la producción animal en el estado de Chihuahua.

JOSÉ ALEJANDRO RAMÍREZ-GODÍNEZ. Terminó su licenciatura en Ciencia Animal en 1977 y su Maestría en Ciencia en la Universidad Estatal de Nuevo México; posteriormente, cursó el doctorado en la Universidad Estatal de Kansas. Durante sus estudios de posgrado se le otorgó la beca del CONACYT y una ayudantía como investigador por ambas Universidades. Desde 1982 labora en la Facultad de Zootecnia de la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1 (1992-2004). Su área de especialización es la reproducción animal y el mejoramiento genético. Ha dirigido 5 tesis de licenciatura, 51 de maestría y 3 de doctorado. Es autor de aproximadamente 110 artículos científicos, más de 100 ponencias en congresos, 3 capítulos de libros científicos y publicó un texto universitario sobre los adelantos biotecnológicos en reproducción animal. Además; ha impartido 30 conferencias nacionales e internacionales por invitación; ha dirigido y participado en 15 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales), es árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional. Siempre ha estado altamente vinculado con el sector productivo, específicamente con los criadores de ganado de registro en México.

Fabricación de un detector de N₂O a base de un polímero conductor

Fabrication of a N₂O detector based on a conductive polymer

LUISA YOLANDA QUIÑONES-MONTENEGRO^{1,3}, EDUARDO HERRERA-PERAZA¹
Y LAURA ORTEGA-CHÁVEZ²

Recibido: Octubre 18, 2012

Aceptado: Enero 25, 2013

Resumen

Recientes investigaciones demuestran la capacidad de la polianilina (PANI) para detectar la presencia de diferentes gases por medio de cambios en sus propiedades eléctricas; este método resulta de fácil diseño, síntesis directa y costos accesibles. El objetivo de esta investigación es demostrar la capacidad del polímero para detectar la presencia de gases contaminantes, en este caso el óxido nitroso debido al cambio de resistencia eléctrica del PANI. Esta metodología se basa en exponer el polímero a cierta concentración de gas y medir sus cambios eléctricos. Existen métodos tales como la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS por sus siglas en inglés) que permiten medir dichas alteraciones. Se utilizó un dispositivo de cobre recubierto con sal de PANI y expuesto a 100% de concentración de N₂O conectado a un equipo Solatron Interfase modelo Electroquimic 1287. Se utilizó el software Z-view para interpretar los cambios eléctricos producidos en el material por medio de gráficos de Nyquist. Al conocer la estructura química del PANI y la del N₂O se supuso cómo se lleva a cabo el desplazamiento de un átomo de hidrógeno, para posteriormente ser ocupado por el sitio vacante por el nitrógeno y entonces modificar temporalmente la cadena polimérica y, como consecuencia, alterar las propiedades conductoras del polímero. El efecto se produce únicamente en la superficie de la película, por ello, el enlace puede disociarse al elevar la temperatura del sistema de 40 a 60 °C y entonces utilizar nuevamente el PANI para una siguiente prueba.

Palabras clave: detector, espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), óxido nitroso (N₂O), polímero conductor.

Abstract

Recent investigations demonstrate the ability of polyaniline (PANI) for detecting the presence of different gases through changes in electrical properties, this method is easy to design, direct synthesis and affordable costs. The objective of this study is to demonstrate the ability of the polymer to detect the presence of gaseous pollutants, in this case the nitrous oxide due to the change of electrical resistance of PANI. This methodology is based on exposing the polymer to a certain concentration of gas and measure electrical changes. There are methods such as electrochemical impedance spectroscopy (EIS for its acronym in English) that measure these changes. It was used a copper device coated with salt PANI and exposed to 100% concentration of N₂O connected to a computer interface Solatron Electroquimic model 1287. We used the Z-view software to interpret the electrical changes produced in the material by means of Nyquist plots. By knowing the chemical structure of PANI and N₂O the mechanism of displacement of a hydrogen atom was assumed to be subsequently occupied by nitrogen, leading to a temporal modification of the polymeric chain which alters the conductive properties of the polymer. The effect occurs only on the surface of the film, therefore, the link can be dissociated by raising the system temperature from 40 °C to 60 °C and then used PANI again for the next test.

Keywords: detector, electrochemical impedance spectroscopy (EIS), nitrous oxide (N₂O), conductive polymer.

¹ Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), Departamento Medio Ambiente y Energía, Miguel de Cervantes 120, C.P. 31109. Chihuahua, Chih. México. Tel. (614) 439-1100.

² Instituto Tecnológico de Chihuahua II (ITCH II). Ave. de las Industrias 11101, C.P. 31130. Chihuahua, Chih. México. Tel. (614) 442-5000.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: luisa.quinones@cimav.edu.mx.

Introducción

La contaminación atmosférica que producen los procesos de desnitrificación por el uso de agua residual tratada (ART) produce gases peligrosos para la salud humana, como es el caso de los óxidos de nitrógeno (NO_x), que ocasionan irritación en los pulmones y predisposición para contraer diferentes infecciones respiratorias, tales como la gripa y la influenza, debido a la disminución de la resistencia del organismo. Además, los óxidos de nitrógeno como el N₂O son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y el efecto invernadero.

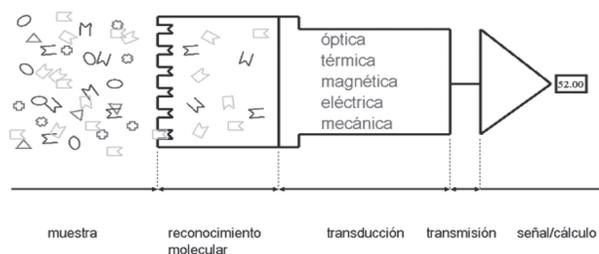
En el estado de Chihuahua, el uso sustentable del agua constituye un reto a vencer dadas las características climáticas e hidrológicas que condicionan su escasez en una gran parte del territorio chihuahuense. El aprovechamiento de las aguas residuales tratadas (ART) constituye una alternativa muy importante para contribuir a la solución de la problemática de escasez. Sin embargo, la práctica de reutilización de las aguas residuales tratadas genera impactos ambientales y sociales que es necesario identificar y valorar, con el fin de potenciar los positivos y contrarrestar los negativos. Por lo anterior, y desde el punto de vista ambiental y sociocultural, es importante que se lleven a cabo otras actividades de evaluación y seguimiento del impacto en los diferentes sitios de utilización, para ello, es necesario desarrollar dispositivos de detección y monitoreo con materiales accesibles y bajo costo de fabricación y uso.

Los sensores son dispositivos que transforman la información física o química en una señal útil que pueda ser procesada y, por tanto, que facilite información de interés de una manera rápida y sin necesidad de análisis muy complejos (Elizalde *et al.*, 2008).

Estas características, combinadas con la incorporación de los últimos avances en tecnologías de miniaturización en la fabricación masiva de sensores, hacen de estos dispositivos unas herramientas de gran interés en la industria dedicada al monitoreo del medio ambiente.

Los sensores químicos constan de un conjunto de elementos que se pueden agrupar en tres bloques básicos (Figura 1), que son: 1) el elemento de reconocimiento capaz de interaccionar de forma selectiva con el analito(s); interacción que no tiene por qué ser a través de una reacción química; 2) elemento mediante el cual se transforma la información química en información física, generalmente eléctrica; 3) un sistema electrónico para la amplificación y procesamiento de la señal que nos genera resultados en las unidades químicas (molaridad, porcentaje) o físicas de interés (Janata *et al.*, 1998).

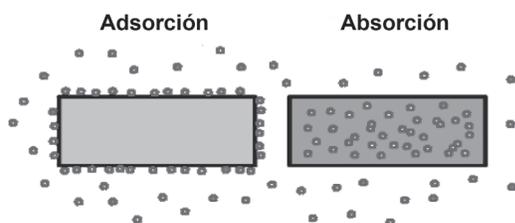
Figura 1. Bloques básicos de un sensor.



La determinación de gases tiene gran importancia en diversos campos, como medicina, medioambiente, biología, agricultura, transporte o industria. Los tipos de sensores para gases más usados son los de estado sólido, los electroquímicos y los infrarrojos. Dentro de los primeros, los sensores de estado sólido, hay tres tipos de amplio uso: a) los de electrolito sólido, b) los catalíticos y c) los de óxidos semiconductores.

Tratándose de electrolito sólido, la polianilina (PANI) es uno de los polímeros conductores de mayor interés debido a su estabilidad química y alta conductividad; sensores de gas basados en materiales PANI han atraído una atención considerable en los últimos años debido a sus propiedades (Natta y Mazzanti, 1960); la conductividad del PANI depende de la capacidad de transporte de portadores de carga a lo largo de la espina dorsal del polímero (Natta *et al.*, 1958; Ito *et al.*, 1974). Así, las moléculas PANI fácilmente pueden reaccionar ante la presencia de agentes reductores y oxidantes y cambiar su conductividad a temperatura ambiente (Fatmanur *et al.*, 2002). La respuesta del sensor puede deberse a la absorción o adsorción del N₂O en la película de PANI, ambos procesos podrían manifestar un cambio en la resistencia eléctrica del polímero, sin embargo, la reversibilidad del efecto resulta muy diferente para cada caso. La *adsorción* es distinta a la *absorción* (Figura 2) y entre ambas debe establecerse una clara diferencia. En este último proceso la sustancia no se retiene en la superficie, sino que pasando a través penetra y se distribuye por todo el cuerpo de un sólido o líquido. Así sucede con el agua absorbida por una esponja; mientras que varios gases son adsorbidos por el negro de humo. Cuando existe duda del proceso que tiene lugar, se emplea el término *sorción* (Levenspiel, 2002).

Figura 2. Diferencia entre absorción y adsorción.



Cada estado redox de la polianilina está asociado con una estructura electrónica específica, y el proceso de absorción de diferentes moléculas puede detectarse por sus cambios en la resistencia y/o conductividad eléctricas y debido a la alteración de la

estructura química, resulta muy difícil para el PANI volver a su estado original (Elizalde *et al.*, 2008). Sin embargo, si la interacción del gas con el polímero produce únicamente una adsorción y no una absorción, el enlace puede ser disociado con el aumento de temperatura del sistema (Yan *et al.*, 2006). Basándose en estas características, se han podido desarrollar dispositivos capaces de detectar la presencia de distintos gases, y su reversibilidad depende de las características de los materiales empleados.

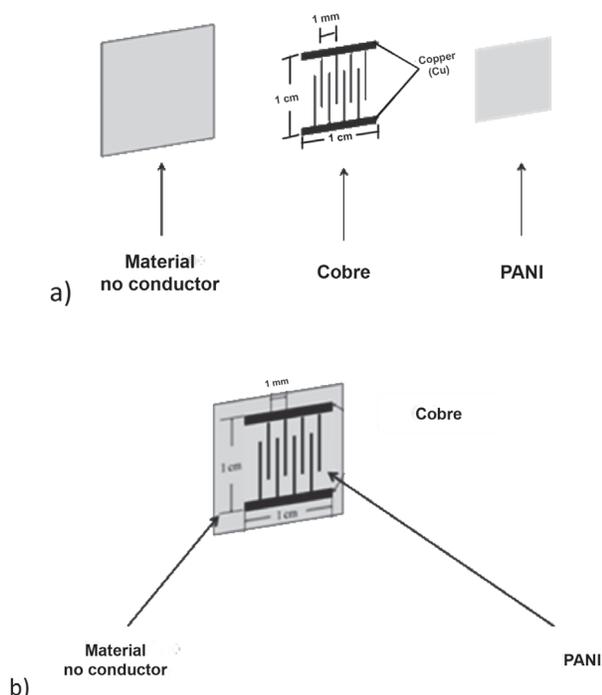
Materiales y métodos

Para la síntesis del PANI se utilizó monómero de anilina al 99%, sulfonato estireno de sodio como agente oxidante, ácido clorhídrico como ácido protónico y persulfato de amonio utilizado como el iniciador del proceso de polimerización.

Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de celdas del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), con apoyo del laboratorio de química de polímeros. Para la elaboración del dispositivo se utilizó una película de cobre, compuesta de dos partes en forma de peines, cada uno con una longitud de 1 cm y con una separación entre cada diente de 1 mm; el área total del dispositivo es de 1 cm². Los peines de cobre fueron considerados uno como electrodo de trabajo y otro como el contraelectrodo; entre ellos se depositó el PANI, el cual se consideró el electrolito sólido y sobre el cual se realizaron las mediciones de cambio de resistencia eléctrica (Figura 3). Para las pruebas de voltametría se agregó una película de níquel-fósforo con un área de 30 mm² sobre uno de los electrodos de cobre, logrando así un tercero, el cual se utilizó como electrodo de referencia.

Síntesis de Polianilina. Ésta fue sintetizada a través de la polimerización oxidativa en el estado de oxidación de la base de esmeraldina. La síntesis se basa en la oxidación química de la anilina mediante el uso de un agente oxidante.

Figura 3. a) Elementos que conforman el dispositivo. b) Diseño del sensor.



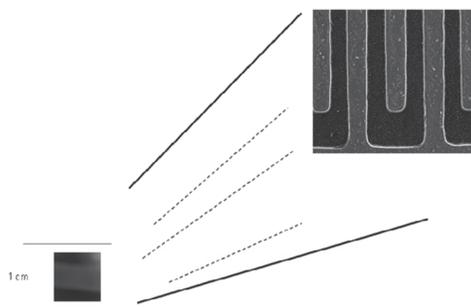
Procedimiento de síntesis. Se disolvió anilina (1.0 g) en 50 ml de agua destilada, en un segundo recipiente fue disuelto lauril éter sulfato de sodio (LESS) (3.74 g). Estas soluciones fueron mezcladas en un tercer vaso (el reactor) y se le adicionó 2.5 ml de HCl. Luego de una suave agitación, la solución se estabiliza. El reactor fue colocado en un recipiente con hielo y se le agrega el persulfato de amonio (APS), gota a gota con ayuda de una pipeta. La polimerización se dejó actuar durante 24 h a una temperatura promedio de 3 °C. Al día siguiente, el precipitado PANI se recogió en un papel filtro y fue lavado con agua destilada. Posteriormente, la parte sólida se volvió a dispersar en 100 ml de agua destilada y colocada en el agitador de ultrasonido durante 10 min. Esta solución de PANI se mantuvo en una botella de vidrio completamente cerrada hasta ser utilizada nuevamente.

Preparación de los electrodos. La formación del electrodo de referencia de Ni/P sobre el cobre, se realizó mediante una deposición por método redox con voltaje controlado durante un

tiempo de 15 minutos para obtener una película de aproximadamente 4 μm de espesor. Los electrodos metálicos de Cu se someten a tratamiento de limpieza antes de cada uso. El tratamiento se llevó a cabo mediante su exposición a una solución de ácido nítrico para limpiar rastros de pequeños contaminantes del ambiente. Una vez que se ha conseguido una óptima limpieza, la formación de la película de polianilina se realizó mediante la «técnica de aerógrafo» (Abdellah *et al.*, 2010) aplicado con un rociado fino sobre el peine de cobre 5 mL de PANI obteniendo una película de aproximadamente 1.6 μm. Se tomaron imágenes en el microscopio electrónico de barrido (SEM por sus siglas en inglés) para asegurar la deposición homogénea de la película (Figura 4).

Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS por sus siglas en inglés). Las intensidades de corriente fueron medidas con un potenciostato galvanostato Solatron Electrochemical 1287 y el software de investigación electroquímica Z-View y Z-Plot para su control mediante un equipo de cómputo; se trabajó con un voltaje de 50 mV y un rango de frecuencia de 100 MHz a 0.1 Hz. Las medidas electroquímicas se llevaron a cabo utilizando tanto electrodo de trabajo y contraelectrodo de cobre (Cu) y electrodo de referencia de Ni/P. Se utilizó argón (Ar) como gas inerte y poder conocer las propiedades iniciales del sistema; posteriormente se expuso el dispositivo al flujo del gas en el PANI variando la concentración entre 100, 50 y 25 % de un volumen total de 250 ml, con una temperatura constante de 40 °C.

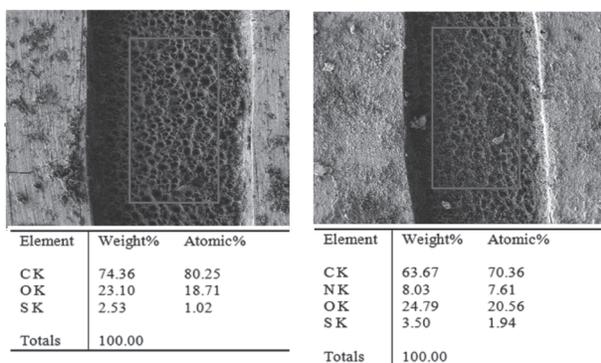
Figura 4. Imagen obtenida en microscopio de barrido de la deposición del PANI sobre el sustrato de cobre.



Resultados y discusión

Análisis de PANI expuesto al N₂O. Como resultado de la prueba de microscopía electrónica de barrido (Figura 5) se observa que el PANI después de haber sido expuesto al N₂O aumenta su contenido de nitrógeno (N) y oxígeno (O) como resultado de la composición química del gas que adsorbió la película de PANI.

Figura 5. Análisis EDS del PANI antes y después de ser expuesto al N₂O.



Considerando que la molécula del óxido de dinitrógeno presenta una estructura donde uno de los átomos de nitrógeno aparece como átomo central unido al nitrógeno mediante un triple enlace (Figura 6), y por otro lado unido al oxígeno a través de un enlace sencillo, podemos determinar el carácter iónico de cada enlace haciendo un análisis de electronegatividades y encontrando que entre los dos átomos de nitrógeno el enlace que se presenta es covalente puro, mientras que el enlace entre el nitrógeno central y el oxígeno es covalente polar con una diferencia de electronegatividades de 0.5 (según la escala de Pauling); a partir de este valor, y del conocimiento de que la geometría de la molécula es lineal, podemos inferir que la molécula es polar.

Figura 6. Estructuras de Lewis de la molécula de óxido nítrico.



Al analizar los sitios específicos donde se presentan cargas parciales positivas en la cadena del polímero, se sabe que debido al arrastre mecánico del flujo del óxido nítrico en conjunto con la resonancia de la molécula de PANI, se logra la sustitución de las moléculas de sulfonato estireno de sodio por moléculas de óxido nítrico; esta interacción es posible a través de un enlace de hidrógeno, el cual es tipo ión-dipolo inducido entre el átomo de nitrógeno de un enlace polar N–H (como sucede en la polianilina) y un átomo de alta electronegatividad como el oxígeno en el N₂O (Figura 7).

Figura 7. Mecanismo de reacción ocurrido en la película de PANI expuesta al N₂O.

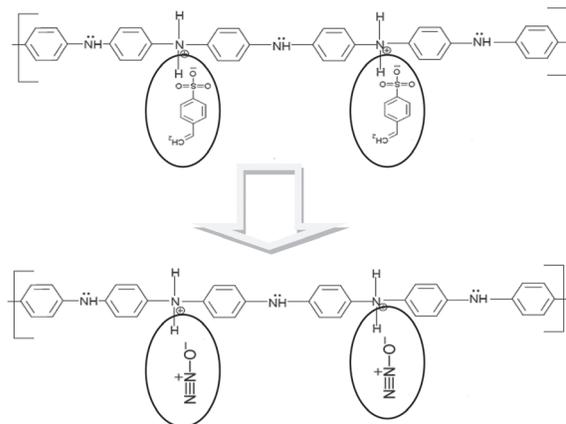
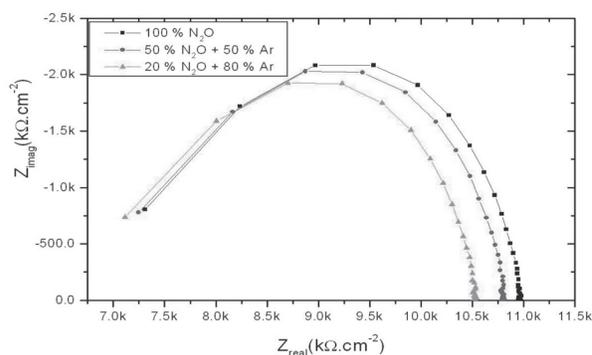


Figura 8. Gráfico Nyquist con diferentes concentraciones de N₂O sobre PANI.

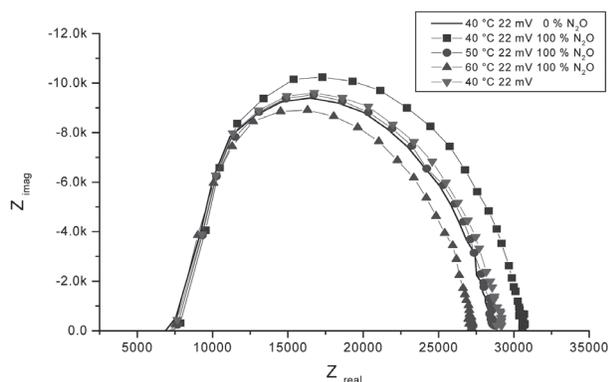


Mediciones de EIS. Los resultados de las pruebas de impedancia electroquímica (Figura 8) demuestran que la resistencia del PANI se ve alterada por la presencia del gas, así mismo,

se observa que el aumento de la misma está relacionado directamente con la concentración de gas suministrado a una temperatura y presión constante. Se han reportado cambios semejantes en la resistencia de material cuando éste ha sido expuesto a otros gases, como por ejemplo el NO₂ (Agbor *et al.*, 1995) en donde la resistencia disminuye con respecto al aumento de la concentración del gas.

Elizalde *et al.* (2008) mencionan que cada estado redox de la polianilina está asociado con una estructura electrónica específica y que el proceso de absorción de diferentes moléculas puede detectarse por sus cambios en la resistencia y/o conductividad eléctricas, y que debido a la alteración de la estructura química, resulta muy difícil para el PANI volver a su estado original. Por su parte, Yan *et al.* (2006) señalan que si la interacción del gas con el polímero produce únicamente una adsorción y no una absorción, el enlace puede ser dissociado con el aumento de temperatura del sistema. De acuerdo con esta última afirmación, se demostró de forma experimental la recuperación de las propiedades eléctricas del dispositivo después de haber sido expuesto a altas temperaturas. La Figura 9 muestra la reversibilidad del proceso de adsorción por parte de la película de PANI después de haber adsorbido las moléculas de N₂O y variar la temperatura del sistema, lo que nos demuestra la posibilidad de utilizar el dispositivo en más de una medición.

Figura 9. Gráfico Nyquist concentraciones N₂O 100% a diferentes temperaturas.



Conclusiones

La polianilina puede ser utilizada como un sensor de gas basado en el cambio de sus propiedades eléctricas; el PANI puede ser manipulado eléctricamente y alterar así sus cambios químico-resistivos ante la presencia de un agente externo. La adsorción que se produjo por la interacción de ambos materiales representa un cambio físico en la superficie del polímero, y se obtuvo que este enlace puede ser dissociado con un aumento de temperatura, teniendo como resultado un dispositivo que puede ser reutilizado de manera eficiente.

Literatura Citada

- AGBOR, N. E., and M. C. Petty. 1995. Polyaniline thin-films for gas-sensing, *Sens. Actuators B: Chem.* 28: 173-179
- ANDERSON, I. C., and J. S. Levine. 1986. «Relative Rates of Nitric Oxide and Nitrous Oxide Production by Nitrifiers, Denitrifiers, and Nitrate Respirers.» *Applied and Environmental Microbiology* 51 (5) (May 1): 938-945.
- ABDELLAH, A., B. Fabel, P. Lugli, and G. Scarpa. 2010. Spray Deposition of Organic Semiconducting Thin-films: Towards the Fabrication of Arbitrary Shaped Organic Electronic Devices. *Organic Electronics* 11 (6) (June): 1031-1038.
- BOND, A.M., S. Fletcher, F. Marken, S. J. Shaw, and P. G. Symons. 1996. «Electrochemical and X-ray Diffraction Study of the Redox Cycling of Nanocrystals of 7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane. Observation of a Solid-solid Phase Transformation Controlled by Nucleation and Growth.» *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions* 92 (20) (January 1): 3925-3933.
- FATMANUR, K. F., A. Ayse Onen, N. Niyazi Bacak, and Y. Yagci. 2002. Photoinitiated cationic polymerization using a novel phenacyl anilinium salt. *Polymer*: 2575-2579
- FREUND, M. S., A. Brajter-Toth, and M. D. Ward. 1990. Electrochemical and Quartz Crystal Microbalance Evidence for Mediation and Direct Electrochemical Reactions of Small Molecules at Tetrathiafulvalene-te. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry* 289 (1-2) (August 24): 127-141.
- HAYON, E., J. McGarvey. 1967. Flash photolysis in the vacuum ultraviolet region of SO₄²⁻, CO₃²⁻ and OH⁻ ions in aqueous solutions. *J. Phys. Chem.* 71:1472-1477
- JANATA, M. Josowicz, P. Vanysek, and D.M. DeVaney. 1998. Chemical Sensors. *Analytical Chemistry* pp. 70- 179.
- ELIZALDE-TORRES, J., H. Hu, A. Guaderrama-Santana, A. García-Valenzuela and J.M. Saniger. 2008. Comparison of NO₂ and NH₃ gas adsorption on Semiconductor polyaniline Thin Films. *Revista Mexicana de Física* 54 (5): 358-36.
- NATTA, G., and G. Mazzanti. 1960. «Organometallic Complexes as Catalysts in Ionic Polymerizations.» *Tetrahedron* 8 (1-2): 86-100.
- PALANIAPPAN, S. and C. A. Amarnath 2006. A novel polyaniline-maleic acid-dodecylhydrogensulfate salt: Soluble polyaniline powder, *React Funct Polym* 66: 1741-1748.

RICKERBY, D.G., and M. Morrison. 2007. «Nanotechnology and the Environment: A European Perspective.» *Science and Technology of Advanced Materials* 8 (1–2) (January): 19–24.

TOI, K., H. Takai, T. Shirakawa, T. Ito, and I. Ikemoto. 1989. Analysis of the Permeation of CO₂ Through Glassy Polymers. *Journal of Membrane Science* 41 (0) (February 15): 37–47.

YAN, X.B., Z.J. Han, Y. Yang, and B. K. Tay. 2006. NO₂ gas sensing with polyaniline nanofibers synthesized by a facile aqueous/organic interfacial polymerization *Sens. Actuators B: Chem.* 123: 107-113. 

Este artículo es citado así:

Quiñones-Montenegro, L. Y., E. Herrera-Peraza y L. Ortega-Chávez. 2013: *Fabricación de un detector de N₂O a base de un polímero conductor*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(1): 25-31.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

LUISA YOLANDA QUIÑONES MONTENEGRO. Realizó estudios de licenciatura en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, obteniendo el título de Ingeniero Industrial en 2006. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) en 2009. Es estudiante del programa Doctorado en Ciencia de los Materiales en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV). Ha tenido participación como ponente en diversos congresos nacionales e internacionales. Ha sido docente del Instituto Tecnológico de Chihuahua II a partir de 2008 a la fecha.

LAURA ANTONIA ORTEGA CHÁVEZ. Realizó estudios de licenciatura en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, en el periodo de 1978 a 1982 obteniendo el título de Ingeniero Industrial Químico. Obtuvo el grado de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Control de Contaminación Ambiental en Junio de 1985 por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (campus Monterrey); y el Doctorado en Ciencia y Tecnología Ambiental por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) en 2009. Ha laborado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos con la plaza de Profesor Titular C desde septiembre de 1985, inicialmente en el Instituto Tecnológico de Pachuca y en la actualidad en el Instituto Tecnológico de Chihuahua II. Su área de especialización es en Sistemas de Tratamiento de Aguas y en Energías Renovables. Es codirectora de una tesis de Doctorado. Es autora de 7 artículos científicos en revistas internacionales, más de 7 ponencias en congresos y ha impartido conferencias por invitación. Ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Pertenece a la Sociedad Mexicana del Hidrógeno y es árbitro de los trabajos presentados para el Congreso CIPITECH.

EDUARDO HERRERA PERAZA. En 1996 obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de La Habana, Cuba. Se desempeña como Investigador Titular B en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), en el área de Medio Ambiente y Energía. Su línea de investigación es sobre Contaminación Atmosférica. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel I. Tiene diversas publicaciones en revistas arbitradas e indizadas a nivel nacional e internacional. Es miembro honorario del Colegio de Ingenieros en Ecología. Imparte diversos cursos y ha participado como ponente en varios congresos a nivel nacional.

Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite (*Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston) en el estado de Durango

Ecological and dasometric characteristics of two mesquite communities (*Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston) in the state of Durango

LUIS MANUEL VALENZUELA-NÚÑEZ¹, MIGUEL RIVERA-GONZÁLEZ¹, RAMÓN TRUCIOS-CACIANO¹
Y JULIO CÉSAR RÍOS-SAUCEDO²

Recibido: Marzo 5, 2012

Aceptado: Septiembre 21, 2012

Resumen

Los planes de manejo sustentable de los recursos forestales requieren un conocimiento de las especies existentes en un área y las relaciones que se establecen entre ellas. En el presente trabajo se caracterizaron en términos de estructura, diversidad y composición florística las comunidades de *Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston, de Cuencamé y San Juan de Guadalupe, en el estado de Durango, México. Mediante el muestreo de punto cuadrante central se evaluaron la densidad poblacional, altura, cobertura basal y cobertura aérea de la población arbórea y arbustiva de ambas comunidades y se tomó registro de las especies herbáceas presentes. Los resultados muestran que la composición florística en las dos comunidades es similar; se encontraron 15 familias botánicas, 29 géneros y 36 especies en Cuencamé y 18 familias, 28 géneros y 33 especies en San Juan de Guadalupe, siendo comunes 12 familias, predominando las familias Fabaceae, Asteraceae y Cactaceae. El estrato arbóreo de ambas comunidades está dominado por el género *Prosopis* sp. (más del 50% de la cobertura), presentándose escasos individuos de porte arbóreo de los géneros *Acacia* y *Mimosa*. En la comunidad de San Juan de Guadalupe, los individuos de *Prosopis* presentan forma arbórea bien definida con un solo tallo principal, mientras que en la comunidad de Cuencamé predomina la forma arbustiva.

Palabras clave: vegetación, ecología, inventario florístico, mezquite.

Abstract

Plans for sustainable forest resources management requires knowledge of the species in these areas and the relationships established between them. In the present work communities of *Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston in Cuencamé and San Juan de Guadalupe, in Durango State, Mexico were characterized in terms of structure, diversity and floristic composition. Population density, height, basal cover and aerial cover of tree and shrub population were determined by sampling central quadrant point method in both communities and herbaceous species present were recorded. Results show that species composition in the two communities is similar, there were found 15 plant families, 29 genera and 36 species in Cuencame and 18 families, 28 genera and 33 species in San Juan de Guadalupe, being common 12 families, predominantly families Fabaceae, Asteraceae and Cactaceae. Tree canopy in both communities is dominated by *Prosopis* sp. (over 50% coverage), presenting few individuals of the genus *Acacia* and *Mimosa*. In the community of San Juan de Guadalupe, *Prosopis* individuals have a well-defined tree shape with a single main stem, while in the community of Cuencamé the shape that predominates is bushy.

Keywords: vegetation, ecology, floristic inventory, mesquite.

¹ INIFAP CENID-RASPA. Km. 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. C. P. 35140. Gómez Palacio, Dgo., México

² Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP. Carretera Durango-El Mezquital km 4.5, C. P. 34170. Durango, Dgo. México.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: valenzuela.luis@inifap.gob.mx.

Introducción

La vegetación natural desaparece con gran rapidez, y México ocupa el tercer lugar entre los países que presentan las mayores tasas de deforestación (Velázquez *et al.*, 2001). En México, los ecosistemas áridos y semiáridos cubren más de 50% de la superficie (Toledo y Ordóñez, 1998) y su vegetación es continuamente eliminada y fragmentada. En ellos, el sobre pastoreo, la expansión de la frontera agrícola, la ganadería y la extracción de especies útiles son las causas principales de la perturbación de la cobertura vegetal (Cavazos, 1997).

Al respecto, se estima que se transforman alrededor de 50 000 ha de vegetación semiárida por año (Challenger, 1998). Sin embargo, el efecto de la perturbación sobre la diversidad y composición de especies vegetales se ha documentado poco en los ecosistemas áridos y semiáridos. En este tipo de ecosistemas se han realizado trabajos dirigidos a explorar el efecto de la diversidad vegetal sobre las propiedades edáficas (García-Moya y McKell, 1970; Buschiazzo *et al.*, 2001; Huenneke, 2001; Wang *et al.*, 2001; Ward *et al.*, 2001; Martínez-Mena *et al.*, 2002). Sin embargo, ninguno de ellos explora la composición florística de las especies, lo que no permite a estos trabajos discernir el papel de una especie en particular en relación con las especies existentes en su entorno ecológico y en condiciones de perturbación de las comunidades vegetales.

En el centro-norte de México, el mezquite era una de las plantas con mayor presencia en el pasado; sin embargo, a pesar de su importancia ecológica y económica, en la actualidad sus poblaciones han disminuido en muchos lugares, siendo destruidas por las actividades humanas (Galindo y García-Moya, 1986; Challenger, 1998; Golubov *et al.*, 2001). La vegetación de mezquitil es una de las menos estudiadas y no hay registros que detallen cambios temporales en la composición y diversidad vegetal (INEGI, 1993). El mezquite es de gran importancia ecológica, ya que fija el nitrógeno atmosférico, mejora la fertilidad del suelo, favorece el crecimiento de matorrales, actúa como planta nodriza de numerosas especies vegetales y animales, proporciona

alimento y refugio a la fauna silvestre, además actúa como indicador de profundidad del manto freático y controla la erosión (Villanueva *et al.*, 2004; Ríos *et al.*, 2011; Valenzuela *et al.*, 2011).

Dada la importancia del mezquite en las regiones áridas y semiáridas del norte de México en cuanto a su papel ecológico y económico como sustento de los habitantes de estas regiones y la necesidad de contar con planes de manejo eficientes que demandan un conocimiento detallado de las especies vegetales presentes en estas áreas, el objetivo del presente trabajo es describir la estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de mezquite (*Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston) en el estado de Durango.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante la primavera de 2011 en los municipios de Cuencamé y San Juan de Guadalupe, en el estado de Durango, en los ejidos de La Lagunilla y San Isidro del Rayado, respectivamente, cuyas características biofísicas se presentan en el Cuadro 1.

Identificación de los bosques de mezquite. La identificación y delimitación de los bosques de mezquite en la zona de estudio se llevó a cabo con la ayuda de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI Serie III Escala 1:250 000, identificando los polígonos correspondientes al tipo de vegetación de mezquitil. El muestreo de la población de mezquite se realizó mediante el uso de la técnica de

muestreo de vegetación cuadrante de punto central. El número de puntos de muestreo fue 12, separados a una distancia de 500 m entre sí para cada comunidad, respetando la accesibilidad de las propiedades privadas y ejidales.

Cuadro 1. Características biofísicas de los sitios de distribución de los bosques de mezquite en el estado de Durango (IMTA 2005).

Sitio	Altitud (m)	Latitud	Longitud	Temperatura media anual (°C)	Lluvia acumulada (mm)
Cuencamé	1580	24° 52'	103° 42'	15.2	392.6
San Juan de Guadalupe	1700	24° 37'	102° 46'	19.4	376.0

Levantamiento florístico. Se llevó a cabo en una superficie de 100 m² en cada uno de los puntos de muestreo, dado que la mayor parte de las plantas eran de carácter herbáceo con la identificación botánica directamente en campo según las claves taxonómicas para cada género y familia.

Caracterización estructural. Se llevó a cabo mediante la toma de información de cada individuo midiendo la altura, los diámetros de la cobertura de la copa y los diámetros de la cobertura de la copa a nivel del suelo, dado el carácter arbustivo del mezquite.

Resultados y discusión

En Cuencamé, el bosque de mezquite se encuentra rodeado de terrenos agrícolas y de áreas de pastoreo de ganado vacuno y caprino. El bosque presenta sitios abiertos con escasa o nula vegetación herbácea; cabe destacar la presencia de fuerte erosión hídrica en forma de cárcavas y de canalillos en estas áreas. A pesar de que la zona es de pastoreo, se presentan áreas con doseles muy cerrados y de difícil acceso.

Las áreas señaladas en la cartografía del INEGI (Uso de Suelo y Vegetación Serie III) se encuentran bordeadas por matorral micrófilo; este tipo de vegetación se presenta en las áreas pedregosas con pendientes moderadas que no sobrepasan el 10% (Figura 1). El bosque de mezquite se encuentra sobre los terrenos

planos, en las orillas de los cauces temporales pueden desarrollarse individuos de escasa altura, concordando con González *et al.* (2007)

En el caso de San Juan de Guadalupe, bordeando al bosque de mezquite se encuentran zonas de agricultura de temporal, es común la presencia de bordos para abrevadero, dado que el lugar es un área de pastoreo para ganado vacuno, principalmente. Son terrenos planos donde la pendiente rara vez supera el 10% y hay presencia de áreas sujetas a inundación.

El bosque se encuentra sometido a programas de plantaciones, ya que se puede ver que recientemente se han plantado individuos de nopal en algunas partes del área.

Los resultados muestran que en Cuencamé se presentan 35 especies, en su mayoría de porte herbáceo, pertenecientes a 28 géneros repartidos en 15 familias botánicas, mientras que para San Juan de Guadalupe se presentan 30 especies asociadas al mezquite, pertenecientes a 25 géneros de 16 familias. Diez especies de un total de 11 familias botánicas son comunes en los dos sitios (Cuadro 2).

En Cuencamé, la altura promedio de los individuos es de 2.92 m ± 0.51. La cobertura aérea, o área que cubre la copa, en promedio fue de 9.83 m² ± 3.39, mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo, en promedio fue de 0.72 m².

Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, es decir, ramificación desde la base, presentando más de dos tallos principales (Figura 4). El dosel arbóreo (cobertura aérea) tiene un valor de importancia del 54.65%, es decir, más de la mitad de la superficie del área se encuentra poblada con árboles de mezquite. Es de hacer notar que existen doseles muy cerrados, debido al poco disturbio al que son sometidos y bajo los cuales existen condiciones idóneas para el refugio de fauna silvestre y para el desarrollo de otras plantas, sobre todo cactáceas, que requieren de plantas nodrizas para su desarrollo (Granados *et al.*, 2001; Gómez, 2008; Valenzuela *et al.*, 2011).

Figura 1. Distribución de los bosques de mezquite en el municipio de Cuencamé (izquierda) y San Juan de Guadalupe (derecha) según la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI Serie III. Escala 1:250 000.

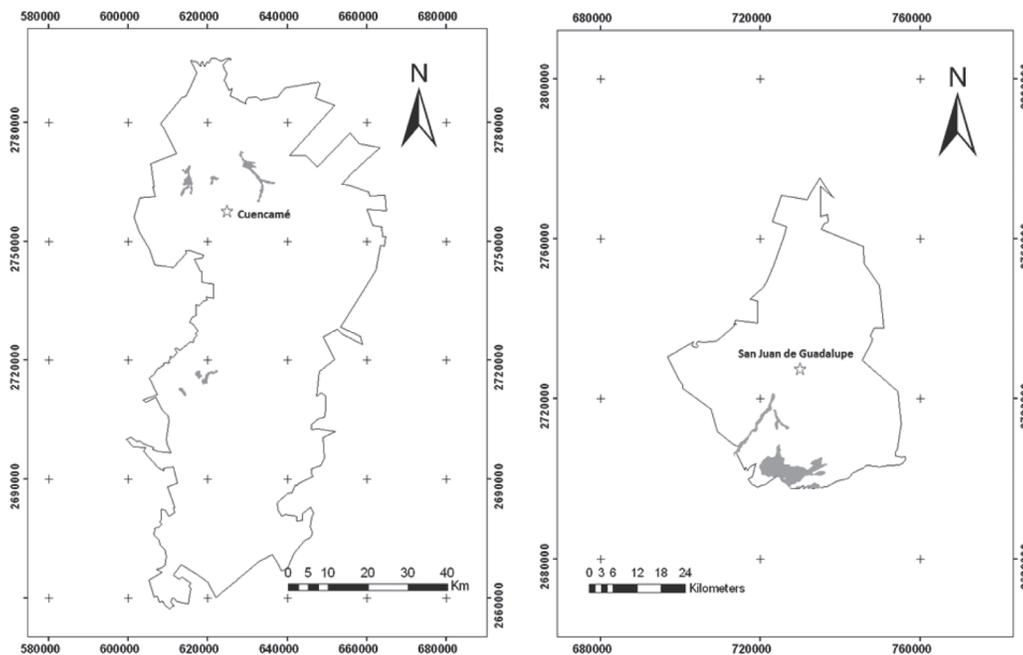


Figura 2. Altura de los individuos (m) en dos comunidades de mezquite en el estado de Durango.

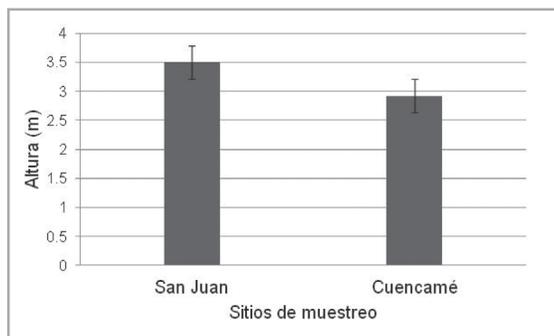
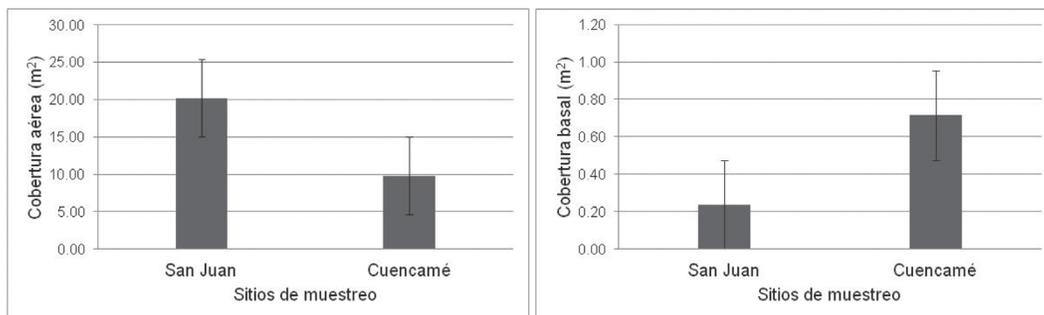


Figura 3. Cobertura aérea y cobertura basal (m²) en dos comunidades de mezquite en el estado de Durango.

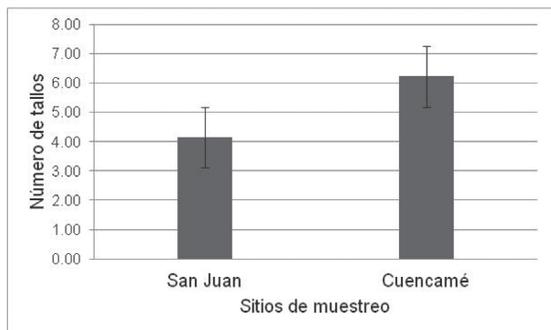


Cuadro 2. Inventario florístico de las comunidades con presencia de mezquite en el estado de Durango.

Cuencamé	San Juan de Guadalupe
Asteraceae	
<i>Flourensia cernua</i> GC	<i>Parthenium argentatum</i>
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pavón) Pers.
<i>Verbesina</i> sp	<i>Parthenium incanum</i> Kunth.
<i>Viguiera stenoloba</i> S. F. Blake	<i>Chrysactinia mexicana</i> Gray
Zygophyllaceae	
<i>Larrea tridentata</i> D. C. Coville	
Fouquieriaceae	
<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.	
Fabaceae	
<i>Acacia berlandieri</i> Benth.	
<i>Acacia constricta</i> Benth.	
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston	
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	<i>Acacia greggi</i> A. Gray
<i>Acacia crassifolia</i> A. Gray	<i>Dalea scoparia</i> A. Gray
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit	<i>Dalea</i> sp.
<i>Mimosa setulisetata</i> Villarreal	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Benth.
Chenopodiaceae	
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	<i>Atriplex</i> sp.
<i>Chenopodium</i> sp	
Ephedraceae	
<i>Ephedra americana</i> Humb & Bonpl.	<i>Ephedra</i> sp
Cactaceae	
<i>Cylindropuntia imbricata</i> Haw. F. M. Knuth.	
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> Haw. F. M. Knuth.	<i>Cylindropuntia kleiniae</i> (DC.) F. M. Knuth
<i>Opuntia rastrera</i> Weber	<i>Opuntia macrocentra</i> Engelm.
<i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Pfeiff.	
<i>Mammillaria</i> sp	
<i>Ferocactus</i> sp	
Malvaceae	
<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G. Don.	
Lamiaceae	
<i>Salvia</i> sp	
<i>Marrubium</i> sp	
Agavaceae	
<i>Agave asperrima</i> Jacobi	
<i>Agave striata</i> (Engelm.) Gentry	<i>Yucca filifera</i> Chabaud
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	
<i>Yucca rigida</i> Engelm. ex Trelease	
Loganiaceae	
<i>Buddleja</i> sp	
Boraginaceae	
<i>Tiquilia canescens</i> (DC.) A. Richards	
Euphorbiaceae	
<i>Jatropha dioica</i> Cerv.	
<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.	
Poaceae	
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths.	
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	<i>Heteropogon gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths.

En San Juan de Guadalupe, la altura promedio de los individuos es de $3.50 \text{ m} \pm 0.61$ (Figura 2). La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa fue de $20.22 \text{ m}^2 \pm 7.97$ en promedio, mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo fue de 0.23 m^2 (Figura 3). Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, es decir, ramificación desde la base, presentando más de dos tallos principales (Figura 4). La cobertura aérea de las copas rebasa el 81.30%, lo que resalta el nivel de importancia del mezquite en lo que se refiere a la disminución del impacto de los agentes erosivos sobre el suelo, además de proporcionar refugio a la fauna silvestre (Valenzuela *et al.*, 2011).

Figura 4. Número de tallos por individuo en dos comunidades de mezquite en el estado de Durango.



Conclusiones

La composición florística de las dos comunidades es similar, ya que presentan un 30% de especies en común. Cabe hacer notar la dominancia de las familias Fabaceae y Asteraceae en los dos sitios.

Se observó que la cubierta aérea del mezquite ocupa más del 50% y se destaca su importancia en la protección de otras especies, sobre todo las cactáceas en sus etapas iniciales de crecimiento, además de contribuir a la conservación del suelo y refugio para la fauna silvestre.

Literatura citada

- BUSCHIAZZO, D. E., G. G. Hevia, E. N. Hepper, A. Urioste, A. A. Bono and F. Babinec. 2001. Organic C, N and P in size fractions of virgin and cultivated soils of the semi-arid pampa of Argentina. *J. Arid Environ.* 48: 501-508.
- CAVAZOS, D. R. 1997. Uso múltiple de los matorrales en el norte de México. *Ciencia Forestal en México* 22(81): 3-26.
- CHALLENGER, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para la Biodiversidad-Instituto de Biología UNAM. Agrupación Sierra Madre. México, D. F. 847 p.
- GALINDO, A. S. y E. García-Moya. 1986. Usos del mezquite (*Prosopis sp.*) en el Altiplano Potosino. *Agrociencia* 63: 7-15.
- GARCÍA-MOYA, E. and C. M. McKell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* 51: 81-88.
- GOLUBOV, J., M. C. Mandujano and L. E. Eguarte. 2001. The paradox of mesquites (*Prosopis spp.*): invading species or biodiversity enhancers? *Bol. Soc. Bot. (México)* 69: 23-30.
- GÓMEZ, L., F. 2008. Apuntes del Curso de Aprovechamiento de la Vegetación Nativa de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo URUZA. Bermejillo, Dgo. 230 pp.
- GONZÁLEZ, E., S.; González E., M. & Márquez L., M. A. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. CIIDIR – IPN. México, D. F. Plaza y Valdez Editores.
- GRANADOS, S., D.; López R., G. F. & Gama F., J. L. 2001. Interacciones ecológicas de las plantas. Chapingo, Edo. de Méx. Universidad Autónoma Chapingo.
- HUENNEKE, L. F. 2001. Deserts. pp. 201-222. In: Sala, O. E., F. S. Chapin y E. Huber-Sannwald. Global biodiversity in a changing environment: scenarios for the 21st Century. Springer-Verlag. New York, NY, USA.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1993. Carta de Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Durango. Escala 1:250 000. México, D. F.
- MARTÍNEZ-MENA, M., J. Alvarez-Rogel, V. Castillo y J. Albaladejo. 2002. Organic carbon and nitrogen losses influenced by vegetation removal in a semiarid Mediterranean soil. *Biogeochemistry* 61: 309-321
- RÍOS, S., J. C.; López H., J. A.; Rosales S., R.; Trucíos C., R.; Valles G., A. G. 2011. Conservación y manejo de germoplasma del mezquite. En: Importancia de las poblaciones de mezquite en el Centro-Norte de México. Libro Técnico No. 25. INIFAP Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Gómez Palacio, Dgo. 220 pág.
- TOLEDO, V. M. y Ma. de J. Ordóñez. 1998. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. pp. 757-777. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- VALENZUELA, N., L. M.; Trucíos C., R.; Ríos, S., J. C.; Sosa, P., G. & González, B., J. L. 2011. Caracterización dasométrica y delimitación de rodales de mezquite en el Estado de Coahuila. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17 (3). 87-96
- VELÁZQUEZ, A., J. F. Mas, R. Mayorga, J. L. Palacio, G. Bocco, G. Gómez-Rodríguez, L. Luna, I. Trejo, J. López-García, M. Palma, A. Peralta, J. Prado-Molina y F. González-Medrano. 2001. El Inventario Forestal Nacional 2000. *Ciencias* 64:12-19.

VILLANUEVA, D., J., Cerano-P., J., Stahle, D.W., Therrell, M.D., Cleaveland M.K., Sánchez, I.C. 2004. Elementos básicos de la dendrocronología y sus aplicaciones en México. Folleto técnico No. 2. INIFAP CANID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. 37 p.

WANG, J., B. Fu, Y. Qiu and L. Chen. 2001. Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China. *J. Arid Environ.* 48: 537-550.

WARD, D., K. Feldman and Y. Avni. 2001. The effects of loess erosion on soil nutrients, plant diversity and plant quality in Negev desert wadis. *J. Arid Environ.* 48: 461-473. 

Este artículo es citado así:

Valenzuela-Núñez, L. M., M. Rivera-González, R. Trucios-Caciano y J. C. Ríos-Saucedo. 2013: *Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite (Prosopis laevigata [Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston) en el estado de Durango. TECNOCENCIA Chihuahua* 7(1): 32-38.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

LUIS MANUEL VALENZUELA-NÚÑEZ. Terminó su licenciatura en 1998, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su posgrado en la misma institución, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias Forestales en 2001, y el grado de Doctor en Biología Vegetal y Forestal en 2006 por la Universidad Henri Poincaré Nancy 1. De 2006 a 2012 laboró en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias como investigador titular dentro de la Red Nacional de Innovación en Servicios Ambientales. De 2009 a 2012 laboró como profesor por asignatura en la Escuela Superior de Biología de la Universidad Juárez del Estado de Durango y con la transformación de dicha Escuela a Facultad de Ciencias Biológicas se incorpora como catedrático de tiempo completo a partir de 2012. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2012 (Nivel Candidato). Su área de especialización es biología y ecología de comunidades vegetales. Ha dirigido 11 tesis de licenciatura, 3 de maestría y 1 de doctorado. Es autor y coautor de 74 artículos científicos, 55 ponencias en congresos, y 12 capítulos de libros científicos; además ha impartido 9 conferencias por invitación y ha colaborado en 4 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional.

MIGUEL RIVERA-GONZÁLEZ. Terminó la licenciatura en el 1984, titulándose como Ingeniero Agrónomo con especialidad en Uso y Conservación del Agua en la Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Realizó su posgrado en Irrigación y Drenaje Agrícola en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de 2004-2008. Labora como Investigador titular C en el Centro nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmosfera (CENID-RASPA) del INIFAP. Su área de desempeño es Ingeniería de Riego, Salinidad de Suelos y Agua y Nutrición Vegetal. Ha desarrollado dos programas computacionales, uno para simular funciones de producción de cultivos regados con aguas salinas y otro para el diseño del riego por goteo sub-superficial para la producción de forrajes, ha publicado dos capítulos de libros, ha desarrollado tecnología (fichas tecnológicas) para la producción de forrajes en riego por goteo sub-superficial y tecnología en uso y manejo del agua para maximizar la producción de nuez. Ha publicado más de 50 artículos científicos en revistas con arbitraje. Ha dirigido y codirigido 5 tesis: tres de licenciatura y 2 de maestría. Actualmente se encuentra colaborando en 2 proyectos de investigación, uno en nutrición vegetal y otro en ingeniería de riego utilizando modelos de simulación tales como el RIGRAV y SIRMOD para determinar eficiencia en módulos de riego del distrito 017 de la Región Lagunera.

RAMÓN TRUCIOS-CACIANO. Terminó la licenciatura en el 2000, titulándose como Ingeniero Agrónomo con especialidad en Zonas Áridas en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH). Realizó su posgrado en Recursos Naturales y Medio Ambiente en la URUZA-UACH de 2002-2004. Laboró como asistente de investigación en el Centro Nacional de Investigación Disciplinario en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmosfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA INIFAP) de 2005 a 2008 y labora como investigador en el mismo Centro de Investigación desde mayo de 2008 como Investigador Titular. Su área de desempeño es el manejo de recursos naturales a través de herramientas como Sistemas de Información Geográfica, sensoria remota y ha trabajado con modelos hidrológicos y de transporte de nutrientes en el suelo (SWAT, LEACHM, NLEAP). Ha publicado 3 libros como editor y autor en capítulos. Ha publicado 44 artículos científicos en revistas con arbitraje. Ha codirigido una tesis de maestría, tres de licenciatura y asesorado dos tesis de licenciatura. Actualmente se encuentra colaborando en 2 proyectos de investigación delimitando las áreas agrícolas de distritos de riego y evaluando modelos de cambio climático para el Norte. Centro de México

JULIO CÉSAR RÍOS-SAUCEDO. Terminó su licenciatura en 2003, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Forestal por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Realizó su posgrado en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias Forestales en 2005. Desde 2008 a la fecha labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) como investigador titular dentro del Programa de Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales. Su área de especialización es el Manejo de Zonas Áridas y Manejo de Cuencas. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura, Es autor de 1 Libro Técnico, Autor y coautor de 27 artículos científicos, 5 Folletos Técnicos, 2 Folletos para Productores, 30 ponencias en congresos nacionales e internacionales, y 7 capítulos de libros científicos; además, ha impartido 2 conferencias por invitación. Es responsable de 2 proyectos de investigación de cobertura regional y ha colaborado en 6 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es árbitro de 2 revistas científicas de circulación internacional.

Modelación geoespacial del potencial natural de bosques templados en Pueblo Nuevo, Durango

Geospatial modeling of natural potential of temperate forest in Pueblo Nuevo, Durango

JAVIER NÁJERA-FRÍAS¹, ALFREDO PINEDO-ÁLVAREZ², FRANCISCO CRUZ-COBOS¹,
SACRAMENTO CORRAL-RIVAS¹, RUFINO MERAZ-ALEMÁN¹

Recibido: Mayo 9, 2012

Aceptado: Julio 8, 2012

Resumen

El manejo, su condición y el conocimiento del potencial actual de los bosques templados en México es fundamental para la evaluación de estos ecosistemas. El uso de tecnologías actuales tales como los sensores remotos asociados a Sistemas de Información Geográfica (SIG), son herramientas muy precisas en la evaluación del potencial natural de bosques templados. El objetivo fue determinar el potencial natural de bosques templados en la región del ejido de Pueblo Nuevo, Durango. Se utilizó un Modelo Digital de Elevación (MDE), cartografía de suelos y una escena de satélite. A través de técnicas geoespaciales se crearon los mapas base de pendientes y exposiciones; una vez obtenida la información, y con la utilización de operadores matemáticos, se generó el mapa que ubicó las áreas con las condiciones ambientales adecuadas para el óptimo desarrollo de la especie (potencial natural). Los potenciales altos ocuparon una superficie de 5,969.38 ha, lo que comprende un 23.64% del área de estudio, el potencial medio 16,221.93 ha, con un 64.26% y el potencial bajo 3,054.65 ha, con un 12.10% de la superficie. Para la clasificación de la imagen de satélite Landsat TM, los bosques de pino-encino (Bpq) son los que mayor superficie ocuparon, con un 58.32% seguidos de bosque de encino-pino (Bqp) con un 23.97%, y áreas de pastizales (Ap) con 15.60%; finalmente, las áreas sin vegetación aparente (Asa) representaron un 2.10% del total del área. La exactitud global de la clasificación derivada del método supervisado para los datos de Landsat TM5 fue de 0.99, con un coeficiente Kappa (K_{hat}) de 0.99, lo que indica que la clasificación es 99% mejor que la esperada por el simple azar. Estos resultados demuestran que el relieve y el suelo son factores determinantes en la distribución del potencial natural de bosques templados.

Palabras clave: Landsat, potencial natural, clasificación, matriz de error.

Abstract

Management, status and knowledge of the current potential of temperate forests in Mexico is essential for the assessment of these ecosystems. The use of current technologies such as remote sensing associated with Geographic Information Systems (GIS) are very precise tools in assessing the natural potential of temperate forests. The objective was to determine the natural potential of temperate forests in the region of Ejido Pueblo Nuevo, Durango. It was used a Digital Elevation Model (DEM), soil maps and a satellite scene. Through techniques were generated base maps of the slopes and exhibits geospatial after obtaining the information, and with the use of mathematical operators, it was generated a map to locate areas with suitable environmental conditions for the optimal development of the species (natural potential). The high potential occupied an area of 5,969.38 ha, which comprises a 23.64% of the study area, the average potential 16,221.93 ha, with 64.26% and the low potential 3,054.65 ha with 12.10% of the surface. For the classification of Landsat TM satellite image, the pine-oak forest (Bpq) are the largest area occupied, with 58.32% followed by oak-pine forest (Bqp) with 23.97% and grassland areas (Ap) with 15.60%, finally, the apparent nonvegetated areas (Asa) with 2.10% of total area. The overall accuracy of the classification derived from the supervised method for Landsat TM5 data was 0.99, with a coefficient Kappa (Khat) of 0.99, indicating that the classification is 99% better than expected by chance alone. These results demonstrate that the relief and soil are determining factors in the distribution of natural potential of temperate forests.

Keywords: Landsat, natural potential, classification, error matrix.

¹ Instituto Tecnológico de El Salto, Mesa del Tecnológico s/n, El Salto, P.N., Durango, México, C.P. 34942. Tel. 675-876-0239.

² Universidad Juárez del Estado de Durango UJED, Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Carr. Durango-Mazatlán km 5.5 C.P. 34160. Durango, México. Tel. 618-825-1886.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: jnf_01@yahoo.com.mx.

Introducción

El manejo forestal, la determinación de su condición y el conocimiento del potencial natural de los bosques templados de México son elementos fundamentales para la evaluación de estos ecosistemas. La planeación forestal de un territorio es un instrumento que pretende resolver una serie de problemas que afectan directamente al ecosistema y que están ligados a la conservación y restauración natural (Felicísimo *et al.*, 2002).

El valor de este conocimiento, la ordenación y la clasificación de un rodal forestal no solo representan la capacidad de predecir su productividad, sino también de establecer el manejo silvícola pertinente, la planificación del uso del suelo y la conservación del equilibrio ecológico (Tomppo *et al.*, 2002). Por otra parte, la productividad de los bosques está ligada a atributos ecológicos del territorio, tales como relieve, suelo y clima, los cuales influyen en el crecimiento de las especies forestales (Madrigal y Ramírez, 2002). En México existen aproximadamente 64 millones de hectáreas de bosques que abarcan el 32% del territorio nacional (FAO, 2010), de esta superficie, en el estado de Durango se tienen 4,989,401 ha (SRNyMA, 2006). Estos datos muestran una superficie extensa con potencial de producción forestal maderable y otros bienes y servicios relacionados a programas de aprovechamiento silvícola que requieren de una evaluación en su estructura como base de su manejo.

Los métodos de evaluación forestal tradicional consumen un mayor tiempo y están asociados a altos costos de operación, además, no proporcionan una cobertura completa en grandes extensiones de terreno (Kilpelainen y Tokola, 1999). Estas limitaciones son más notorias en áreas inaccesibles (Hall *et al.*, 1991) y en estudios de especies de flora y fauna silvestre con amplia distribución geográfica (Coulter, 1986). Los sensores remotos pueden proporcionar información estratégica para determinar la distribución espacial del potencial forestal (Tueller, 1989;

Muinonen *et al.*, 2001; Wulder *et al.*, 2004), inventarios forestales (Born y Pearlberg, 1987), cuantificación de la biomasa forestal (Rosenqvist *et al.*, 1999), desarrollo de métodos de clasificación multiespectral para mejorar el mapeo de bosques (Pax-Lenney *et al.*, 2001), identificación de especies de arbolado (Carleer y Wolf, 2004) y un creciente número de investigaciones que pretenden asociar el volumen forestal a los datos espectrales de diferentes plataformas satelitales (Franklin, 1986; Reese *et al.*, 2002; Shrestha, 2003). Salas *et al.* (2010) mencionan que los sensores remotos (imágenes Landsat) permiten mejorar la eficacia de los inventarios forestales mediante la generalización de niveles de información de parcelas sobre extensas áreas boscosas. Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo de investigación fue determinar el potencial natural de bosques templados empleando Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el ejido Pueblo Nuevo, Durango.

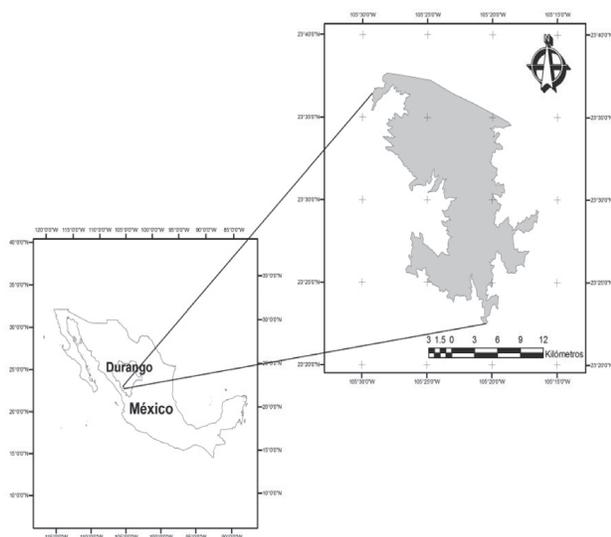
Materiales y métodos

Localización del área de estudio. El presente estudio se llevó a cabo en un área del ejido Pueblo Nuevo, al suroeste del estado de Durango, ubicado entre las coordenadas 23°20' y 23°40' de latitud norte y 105°30' y 105°15' longitud oeste (Figura 1). Con una extensión de 25,319.61 ha y una altitud que varía entre los 2,258 y 2,921 msnm.

Descripción del área de estudio. De acuerdo con los STFEPN (2007) en el área se encuentran presentes las siguientes especies:

Pinus ayacahuite, *P. chihuahuana*, *P. cooperi*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. oocarpa*, *P. teocote*; predominando *P. cooperi*, y *P. durangensis*. En el municipio de Pueblo Nuevo se cuenta con una variedad de climas, destacándose principalmente los siguientes: templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (42.1%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (19.3%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (12.3%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (11.3%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (7.7%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (4.9%), semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano (1.7%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (0.7%). El rango de temperaturas oscila entre los 8 y 26°C y se cuenta con una precipitación que va de los 800 a los 2000 mm. Entre los tipos de suelos que más predominan se encuentran: Leptosol (58.2%), Luvisol (28.3%), Regosol (7.0%), Umbrisol (3.3%), Cambisol (2.0%), Phaeozem (0.5%) y Fluvisol (0.5%).

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Delimitación y selección del área de muestreo. El área de muestreo se determinó de acuerdo a las principales especies forestales y comerciales de la región, el *Pinus engelmannii*, *P. durangensis* y *P. cooperi*. La distribución natural está en función de su abundancia, la cual se presenta en un gradiente altitudinal que varía de los 1800 a los 3200 msnm (García y González, 1998).

Adquisición y registro de la base espacial. Se utilizó una subescena del sensor Landsat TM con fecha 10 de enero del 2011 y un Path/Row de 31/44 con el fin de generar la cobertura de uso de suelo y vegetación. Para el análisis de las variables biofísicas se empleó un Modelo Digital de Elevación (MDE) a escala 1:50,000, para identificar las características del suelo se utilizó cartografía de suelos escala 1:250,000. Para detalles de localización y validación de los puntos de control terrestre se usó un sistema de posicionamiento global (GPS) del tipo colector de datos marca Trimble Juno. El apoyo complementario cartográfico se realizó con cartas topográficas del INEGI a escala 1:50,000. Para el procesamiento de la base vectorial, imágenes de satélite y MDE se utilizaron los programas IDRISI KILIMANJARO®, ARCGIS®, ARCINFO® y ENVI®, para el análisis geoestadístico se recurrió al paquete STATISTICA 6.0®. Los datos fueron procesados en el Centro de Análisis Espacial Avanzado (CAEA) del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Procesamiento de la información. Con el propósito de obtener las características del relieve, a partir del MDE se generaron las capas de ángulo de la pendiente, exposiciones y modelos de altitudes en formato raster. Posteriormente, se transformaron a datos vectoriales de acuerdo a criterios de mínima unidad cartografiable, la cual fue determinada en relación a la escala nominal de las capas utilizadas 1:250,000, correspondiendo a 10 ha. Para la imagen de satélite fue necesario aplicar un remuestreo como método de corrección

geométrica, utilizando un total de 60 puntos de control terrestre, se tomó en cuenta un umbral máximo de error de localización de 15 m (RMSE error 0.5) para la subescena en cuestión. Las funciones de transformación fueron las de primer orden polinómica en la que se empleó la técnica del vecino más cercano. La cartografía de suelos solo fue registrada y organizada con álgebra de mapas, de acuerdo a la información de tipo de suelo, textura y fase física.

Potencial natural. Para determinar el potencial natural de las especies forestales de bosque templado se emplearon los métodos sugeridos por Martínez *et al.* (2006), los cuales consideran un conjunto de indicadores de potencial, derivados de una serie de factores ecológicos de los componentes relieve y suelo. Para lo anterior, se asignó al relieve un valor teórico relativo del 60% sobre la potencialidad natural del sitio, y al suelo un valor del 40%. Esta valoración está relacionada con las dimensiones espaciales del área de estudio, considerando que el municipio está inmerso en el ecosistema de bosques templados. Primeramente, se calculó el mapa de complejidad del relieve CR con la siguiente ecuación:

$$CR = MP \cap XP$$

donde:

CR = Mapa de complejidad del relieve

MP = Mapa de ángulo de la pendiente

XP = Mapa de exposición del terreno

\cap = Intersección

Posteriormente, se generó el mapa de potencial natural (PN) de acuerdo con la siguiente expresión:

$$PN = SU \cup CR$$

donde:

PN = Mapa del potencial natural

SU = Mapa de suelo

CR = Mapa de complejidad del relieve

\cup = Unión

Una vez hecho esto, se clasificó los valores de cada variable estudiada en función de la ecuación de distancia euclidiana (DE).

$$DE = \sqrt{|MT - MR|}$$

donde:

DE = Distancia Euclidiana

MT = Modelo Teórico

MR = Modelo Real

Por último, con la finalidad de estandarizar los valores de potencial natural en un intervalo numérico establecido entre cero y uno, se usó la siguiente ecuación:

$$PN = (X_{max} - X_i) / (X_{max} - X_{min})$$

donde:

PN = Potencial natural

X_{max} = Distancia euclidiana en su valor máximo para el área de estudio

X_{min} = Distancia euclidiana en su valor mínimo para el área de estudio

X_i = Es el valor de la distancia euclidiana para el polígono i

Clasificación de vegetación. Una vez establecido el potencial natural, y con el objeto de validar las clases forestales de la región, fue generado un mapa de uso de suelo y vegetación empleando técnicas de clasificación supervisada, esto se hizo a través de muestras algorítmicas de máxima probabilidad, estableciéndose un valor numérico a cada color (reflectancia):

$$p(h|e) = \frac{p(e|h_i) \cdot p(h_i)}{\sum p(e|h_i) \cdot p(h_i)}$$

donde:

p(h|e) = La probabilidad de que la hipótesis sea verdadera, dada la evidencia.

p(e|h_i) = La probabilidad de encontrar evidencia cuando la hipótesis resulte verdadera.

$p(h_i)$ = La probabilidad de que la hipótesis sea verdadera, independientemente de la evidencia.

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.

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

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-Matusita
- b_{ij} = Distancia de Bhattacharyya

Validación de la información. Una vez generada y corregida la clasificación de uso de suelo y vegetación del 2011, se le aplicó un proceso de validación a través de una matriz de error y coeficiente Kappa, para dicha validación se emplearon un total de 60 puntos de verificación,

$$K_{APPA} = \frac{N \sum^k X_{ii} \sum^k (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - (X_{i+} * X_{+i})}$$

donde:

K_{APPA} = Índice Kappa

k = Número de filas en la matriz

X_{ij}= Número de observaciones en la fila i y columna i

X_{i+} ; X_{+i} = Total marginal para la fila i y columna i

N = Número total de observaciones

Resultados y discusión

Potencial natural en base al relieve. De acuerdo a la distribución espacial de los bosques templados en relación al relieve, se encontraron potenciales altos en áreas con pendientes planas a ligeramente inclinadas (0° - 8°). Estos potenciales se ubicaron principalmente en laderas con exposiciones Norte; en total abarcan una superficie de 8,191.66 ha, lo que representa un 32.46% del área. El potencial medio considera pendientes de mediana a fuertemente inclinadas en rangos de 10° a 30°, localizadas en exposiciones Este y Oeste; ocupan una superficie de 10,690.34 ha, lo cual corresponde a un 42.34%. El potencial bajo ocupa un 25.19% del área, con una superficie de 6,359.98 ha, este se distribuye en pendientes de fuerte a extremadamente inclinadas (> 30°), principalmente ubicadas en geoformas con exposiciones Sur (Figura 2).

Potencial natural en base al suelo. El suelo conformó el segundo elemento para clasificar el área de acuerdo con su potencial natural. La Figura 3 muestra la distribución espacial del potencial natural para bosques templados en función de este factor. Los potenciales altos se encontraron principalmente sobre suelos del tipo Cambisol con subsuelo eútrico y crómico con textura media a fina y con fase física lítica profunda, su distribución fue de 16,490.56 ha, lo que representa un 65.14% del área. Para el potencial bajo los suelos fueron del tipo Regosol eútrico con textura media y se distribuyeron en un 34.86% del área de estudio, ocupando una superficie de 8,824.26 ha.

Figura 2. Distribución del potencial natural de acuerdo al relieve.

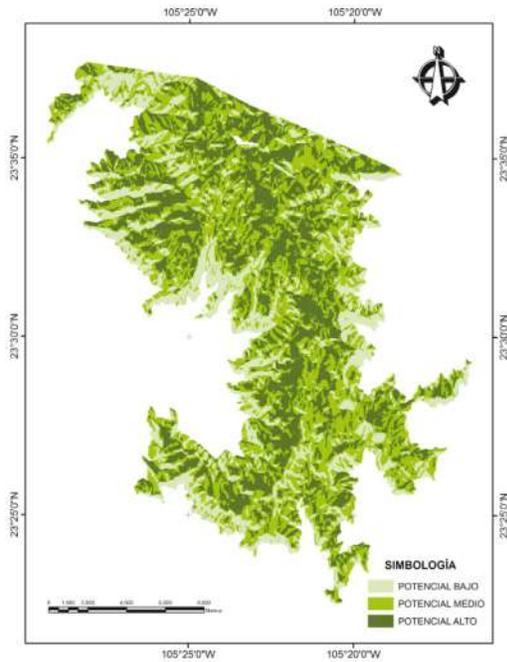
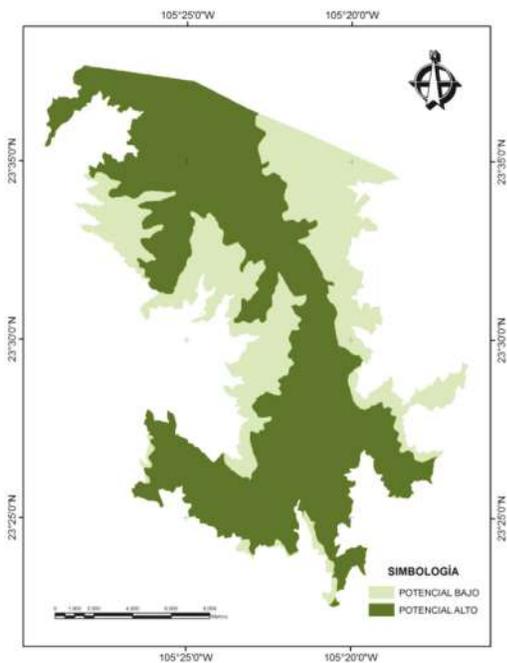
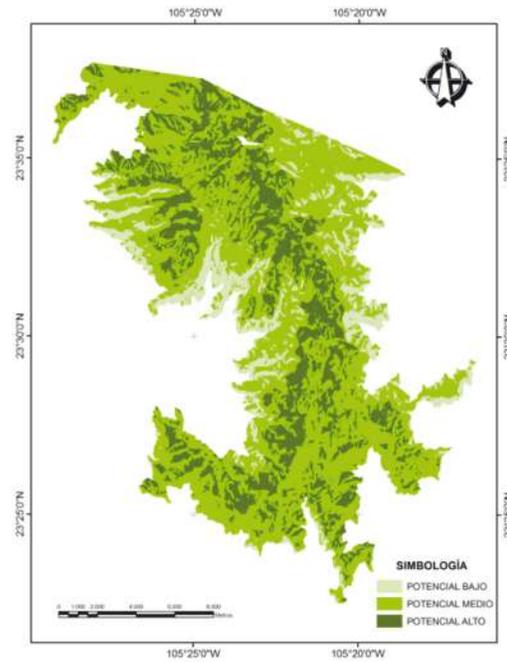


Figura 3. Distribución del potencial natural con base en la clasificación de suelos.



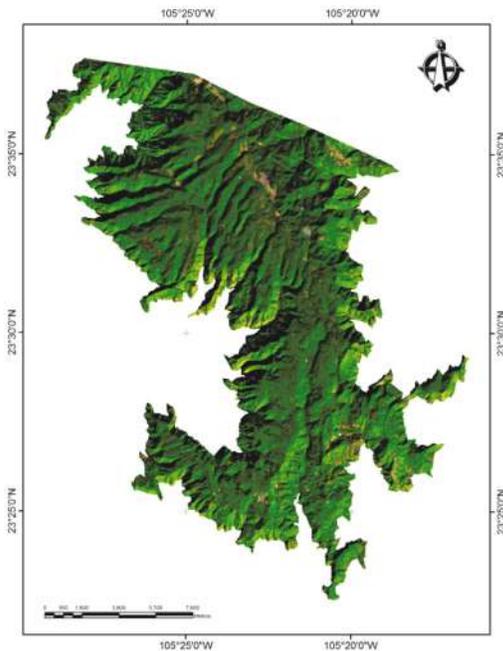
Distribución del potencial natural con base al relieve y suelo. Finalmente, los potenciales altos ocupan una superficie de 5,969.38 ha, lo que comprende un 23.64% del área de estudio, el potencial medio 16221.93, con un 64.26% y el potencial bajo 3,054.65 ha, con un 12.10% de la superficie (Figura 4).

Figura 4. Distribución del potencial natural de bosques templados.



Generación de uso de suelo y vegetación. Con la finalidad de validar los resultados obtenidos del potencial, se generó una clasificación de la vegetación del área con la técnica de composición de imágenes, que ha demostrado su importancia para el análisis preliminar de cubiertas y generación de mapas base. En este estudio, los mejores resultados se obtuvieron con las combinaciones de bandas B3, B4 y B5 de Landsat TM, cuyo valor medio de separabilidad espectral a través del método de la divergencia transformada fue de 1.8 (Figura 5).

Figura 5. Composición en falso color de las bandas 3,4 y 5 del sensor Landsat TM5.

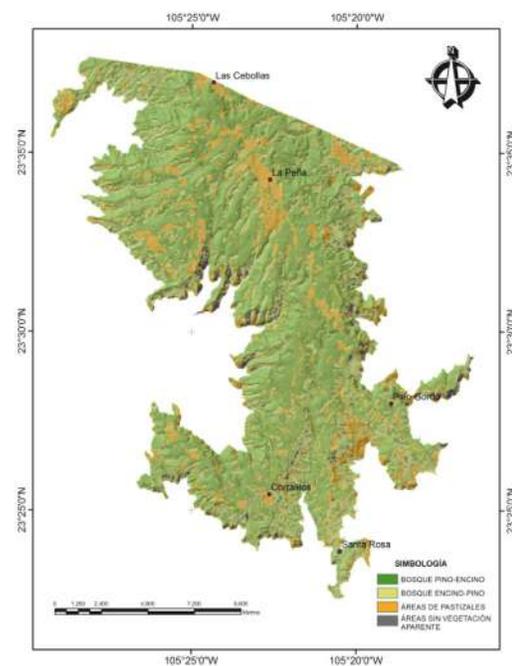


Sheffield (1985) mostró que la composición de las bandas 1, 4, y 5, de Landsat TM, proporcionó la mejor discriminación visual y la mayor información con la menor duplicación en estudios de cubierta forestal. Horler y Ahern (1986) reportaron la utilidad de las bandas 3, 4 y 5 de Landsat para discriminar los tipos de cubierta en un bosque canadiense mientras que Karteris (1985) resalta la utilidad de las bandas 4 y 5 del mismo sensor, para la clasificación de los recursos naturales. Bajo condiciones de bosques templados en México, imágenes en falso color generadas para analizar la distribución de las comunidades vegetales, mostraron que la combinación de las bandas 3, 4 y 5 de Landsat TM, discriminaron en forma adecuada las unidades de vegetación presentes en las Barrancas del Cobre en Chihuahua (Lebgue y Soto, 2005).

Clasificación supervisada de los tipos de vegetación. La interpretación de la imagen de satélite basada en escritorio-campo, permitió la discriminación espectral de cuatro clases como

las más acertadas para la representación cartográfica de la vegetación. La Figura 5 presenta dichas clases de vegetación identificadas; bosques de pino-encino (Bpq), bosques de encino-pino (Bqp), áreas de pastizales (Ap) y áreas sin vegetación aparente (Asa). La vegetación con mayor superficie fue la de Bpq con un 58.32% seguida de Bqp con un 23.97%, Ap con 15.60% y, finalmente, Asa con un 2.10% del total del área.

Figura 6. Clasificación de tipos de vegetación.

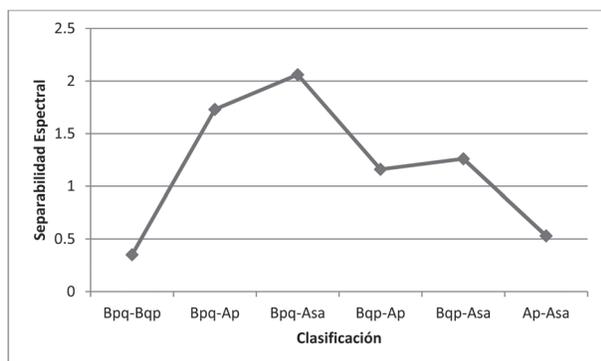


Separabilidad espectral de clases. De acuerdo con la Figura 7, las clases que mejor se discriminaron empleando el algoritmo de máxima probabilidad basado en las firmas espectrales fueron la de Bpq versus Asa, con valor de separabilidad de 2.06, de acuerdo con los parámetros de la distancia Jeffreys-Matusita. Las clases de Bpq- Bqp mostraron el valor más bajo 0.35, no obstante representa una buena separación para discriminar con buena precisión estas clases de vegetación.

Matriz de error para la clasificación supervisada. 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 acuerdo entre las dos fuentes (mapa y realidad), mientras las marginales suponen errores de asignación (Lunetta *et al.*, 1991).

Figura 7. Separabilidad espectral de la clasificación de la vegetación.



En este estudio, la relación entre el número de puntos asignados y el total analizado, expresaron la confianza global del mapa. Los residuales en columnas indican los tipos de cubierta real que no se incluyeron en el mapa, mientras los residuales en filas son las cubiertas en el mapa que no se ajustan a la realidad. En definitiva expresan los errores de omisión y comisión, también se habla de exactitud de usuario y del productor (Chuvieco, 2000).

La exactitud global de la clasificación derivada del método supervisado para los datos de Landsat TM5 fue de 0.99, presentando un coeficiente Kappa (Khat) de 0.99 (Cuadro 1) lo que indica que la clasificación es 99% mejor que la esperada por el simple azar.

La evaluación de la exactitud realizada al mapa de clasificación presentó resultados similares a los obtenidos en otros estudios como en los 10 tipos de vegetación alpina en Calgary, Canadá, que mostró una precisión cercana al 79% (Franklin *et al.*, 1994; Cohen *et al.*, 1998; Carleer y Wolff, 2004;).

Cuadro 1. Matriz de error para la clasificación de la imagen Landsat TM5.

Clases	Bpq	Bqp	Ap	Asa	Total	ErrorC
Bpq	233	0	0	0	233	0.0000
Bqp	0	372	0	0	372	0.0000
Ap	0	0	275	2	277	0.0072
Asa	0	0	0	83	83	0.0000
Total	233	372	275	85	965	
ErrorO	0.0296	0.0128	0.0052	0.0000		0.0021

90% Intervalos de confianza = +/- 0.0024 (0.0000 - 0.0045)
 95% Intervalos de confianza = +/- 0.0029 (0.0000 - 0.0049)
 99% Intervalos de confianza = +/- 0.0038 (0.0000 - 0.0058)

Overall kappa = 99%
 Exactitud global = 99%

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, la determinación del potencial natural fue el relieve como factor que más influyó en la distribución y ecología de las especies así como en el establecimiento y comportamiento de las comunidades vegetales de los bosques templados, seguido del suelo. El 76% del área de estudio presentó un potencial natural de medio y bajo (64% y 12%). El resto (24%) corresponde a un potencial de sitio alto.

Con el uso de los sensores remotos y SIG se puede obtener información confiable de manera rápida y a bajo costo para la toma de decisiones.

Literatura citada

- BORN, J. D. and C. Pearlberg. 1987. Forest inventory and LANDSAT MSS vegetation mapping for Arizona. Department of Agriculture, Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station U.S. p. 53-58.
- 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. 2000. Fundamentos de Teledetección Espacial. Edición RIALP, S.A. Madrid. España. 568 pp.
- 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. *Remote Sensing Environment*. 64:293- 300.
- COULTER, M.C. 1986. Wood storks of the birdsville Colony and swamps of the savannah river plant. Annual Report. SREL-23. Savannah River Ecology Laboratory, Aiken, South Carolina.

- FAO. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal (FRA 2010). Estudio FAO: Montes 163. Roma. 384 p
- FELICISIMO, A. M., E. Francés, J.M. Fernández, A González-Díez, and J. Varas. 2002. Modelling the potential distribution of forest with a GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 68, No. 5, 455-461.
- FRANKLIN, J. 1986. Thematic mapper analysis of coniferus forest structure and composition. *International Journal of Remote Sensing*. 7:1287-1301.
- 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.
- GARCÍA, A. A. y M. S. González. 1998. Pináceas de Durango. Primera Edición: 1998. Instituto de Ecología, A.C. 179 p.
- HALL, F. G., D. B. Botkin, K. D. Woods, and S.J. Goetz. 1991. Large scale patterns of forest succession as determined by remote sensing. *Ecology*. 72:628-640.
- HORLER, D. N. H. and F. J. Ahern. 1986. Forestry information content of thematic mapper data. *International Journal of Remote Sensing*. 7:405-428.
- KARTERIS, M. A. 1985. Mapping of forest resources from a Landsat diazo colour composite. *International Journal of Remote Sensing*. 6:1792-1811.
- KILPELAINEN, P. and T. Tokola. 1999. Gain to be achieved from stand delineation in Landsat TM image based estimates of stands volume. *Forestry Management*. 124:105-111.
- LEBUE, T., M. Sosa, y R. Soto. 2005. La flora de las barrancas del cobre, Chihuahua, México. *Ecología aplicada*. 17-23 pp.
- 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*. 37:677-687.
- MADRIGAL, H. S. y M. H. Ramírez. 2002. Comparación de nueve modelos empíricos para la determinación del índice de sitio en Michoacán. *Ciencia Forestal. Revista de Ciencia Forestal Mexicana*. 20: 35-57.
- MARTINEZ, S. M., R. Armendáriz, R. Valdez y L. F. Beltrán. 2006. Clasificación de Potenciales Naturales en los Bosques Templados del Sur de Chihuahua. Folleto Técnico No. 35. INIFAP. 33 p.
- MUINONEN, E., M. Maltamo, H. Hyppanen, and V. Vainikainen. 2001. Forest stand characteristics estimation using a most similar neighbor approach and damage spatial structure information. *Remote Sensing and Environment*. 78: 223-228.
- PAX LENNEY, M., C. E. Woodcock, S. A. Macomber, S. Gopal, and C. Song. 2001. Forest mapping with a generalized classifier and Landsat TM data. *Remote Sensing and Environment*. 77:241-250.
- REESE, H., M. Hilson, P. Sandstrom, and H. Olsson. 2002. Application using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data. *Computers and Electronics in Agriculture*. 37: 37-55.
- ROSENQVIST, A., M. Imhoff, A. Milne, and C. Dobson. 1999. Workshop report on remote sensing and the Kyoto protocol. A review of available and future technology for monitoring treaty compliance. 323 p.
- SALAS, C., L. Ene, N. Ojeda y H. Soto. 2010. Métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos para predecir variables de rodal basados en Landsat ETM+: una comparación en un bosque de Araucaria araucana en Chile. *Bosque* 31(3): 179-194
- SHEFIELD, D. 1985. Analysis of thermal data in Landsat multispectral classification. *Photogrammetric Engineering of Remote Sensing*. 47:229-236.
- SHRESTA, H. L. 2003. Comparative Evaluation of Multi-Spatial resolution data for Timber Volume Estimation.
- SRNvMA. 2006. Programa estratégico forestal 2030. Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango. Dgo., México 242 p.
- STFEPN. 2007. Programa de Manejo Forestal 2007-2016, Zona La Peña. Características Silvícolas-Dasométricas de la Unidades de Manejo Aprovechables. Servicios Técnicos Forestales del Ejido Pueblo Nuevo. Durango, México. 28 p.
- TOMPPA, E., M. Rosengren, P. Aalto, and P. Kennedy. 2002. Simultaneous use of Landsat-TM and IRS-1C WiFS data in estimating large area stem volume and aboveground biomass. *Remote Sensing and Environment*. 82:156-171.
- TUELLER, P. T. 1989. Remote sensing technology for rangeland management applications. *Journal of Range Management*. 42:442-453.
- WULDER, M. A., R. S. Skakun, W. A. Kurz, and J. C. White. 2004. Estimating time since forest harvest using segmented Landsat ETM+ imagery. *Remote Sensing of Environment*. 93:179-187. 

Este artículo es citado así:

Nájera-Frías, J., A. Pinedo-Álvarez, F. Cruz-Cobos, S. Corral-Rivas y R. Meraz-Alemán. 2013: *Modelación geoespacial del potencial natural de bosques templados en Pueblo Nuevo, Durango*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(1): 39-48.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

JAVIER NÁJERA-FRÍAS. Terminó su licenciatura en 1995, obteniendo el título de Licenciado en Informática en el Instituto Tecnológico de Durango (ITD). Posteriormente, realizó su posgrado en el Instituto Tecnológico de El Salto, en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable en el 2012. Desde 1999 labora en el Tecnológico de El Salto (ITES) y posee la categoría de Académico titular C, así como también se ha capacitado desde entonces hasta la fecha; tomando diplomados y cursos de docencia y especialización. Ha participado en la elaboración de programas académicos, de la carrera de Ingeniería Forestal y en el módulo de especialización de la carrera de Licenciatura en Informática. Dentro del instituto se ha desempeñado como Jefe de Departamento de Desarrollo Académico, Servicios Escolares y Ciencias Básicas. Actualmente se desempeña como presidente de academia de la carrera de Informática, e imparte cátedra en Cartografía y Sistemas de Información Geográfica.

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.

FRANCISCO CRUZ-COBOS. Terminó la licenciatura en 1981 en el Instituto Tecnológico Forestal (ITF) de El Salto, Durango, obteniendo el título de Ingeniero en Desarrollo Forestal, posteriormente realizó estudios de posgrado en el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, obteniendo el grado a Maestría en Ciencias Forestales en 1988 y el Doctorado en Ciencias, en el año 2007, específicamente en el área de manejo de recursos forestales en el Colegio de Posgraduados de Montecillos, Estado de México. Desde 1981 se ha desempeñado como profesor de tiempo completo en el Sistema de Educación Superior Tecnológica, actualmente está adscrito al Instituto Tecnológico de El Salto como profesor investigador titular C de tiempo completo, con la máxima distinción de Profesor con Perfil Deseable, impartiendo las materias de manejo forestal, evaluación de recursos naturales, biometría forestal, ecología forestal, en la carrera de Ingeniería Forestal y la Maestría en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable. En los últimos 6 años ha dirigido 10 tesis de Ingeniería forestal y cuatro de Maestría, publicado como autor y coautor 10 artículos científicos relacionados con el manejo de los bosques, 20 ponencias en congresos, ha impartido ocho conferencias a nivel regional y nacional por invitación (CONAFOR, SEMARNAT, Unión de productores, entre otros), ha sido colaborador y responsable de seis proyectos de desarrollo forestal para organismos como el Fondo Metropolitano de la Laguna, SEMARNAT, CONAFOR, Unión de Productores. Actualmente es auditor de la norma ambiental ISO 14001-2004, también obtenido el certificado de competencia y evaluador de competencias laborales e impartición de cursos de capacitación por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación (CONOCER), actualmente desarrolla un proyecto de investigación con financiamiento externo.

SACRAMENTO CORRAL RIVAS. Terminó su licenciatura en 1996, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Forestal en Sistemas de Producción por el Instituto Tecnológico Forestal No. 1 de El Salto Pueblo Nuevo, Durango. Realizó su posgrado en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de manejo forestal en 1999. Desde 2002 labora en el Instituto Tecnológico Forestal de El Salto Durango como profesor investigador asociado "C" (ES) de medio tiempo. Ha dirigido 4 tesis de licenciatura y 5 de maestría. Su área de especialización es Manejo Forestal Sustentable, Sistemas de Información Geográfica y Evaluación al Impacto Ambiental.

RUFINO MERAZ-ALEMÁN. Terminó su Licenciatura en 1987, año en que le fue otorgado el título Ingeniero Forestal por el Instituto Tecnológico Forestal No. 1. Ha tomado Diplomados de Manejo Integral Forestal, Plantaciones Forestales, Industrias Forestales, su área de especialización es el Manejo Forestal. Ha impartido 11 cursos a Productores y Técnicos Forestales, y 7 conferencias por invitación. Se desempeña como Docente en el Instituto tecnológico de El Salto, Durango, siendo en la actualidad Jefe del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación. Además de ser Consultor Forestal, es autor de más de 10 Programas de Manejo Forestal Maderable, ha dirigido una tesis de licenciatura, es coautor de 2 artículos técnicos publicados por el INIFAP, ha participado en más de 10 eventos nacionales e internacionales y en tres intercambios de experiencias internacionales (Finlandia, Suecia-Alemania, Chile), es el contacto entre FSC y el Ejido Pueblo Nuevo para la Certificación de Buen manejo Forestal, es miembro titular del Consejo Regional centro Norte del INIFAP y miembro de la Academia de la carrera de Ingeniería Forestal del ITES. Es auditor Técnico Preventivo acreditado por la SEMARNAT, es Asesor Técnico de la Confederación Nacional de Silvicultores, es miembro del Colegio de Profesionales Forestales Prestadores de Asistencia Técnica del Estado de Durango y es Premio al Mérito Estatal Forestal 2010, otorgado por el Gobierno del Estado de Durango.

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^{1,3}, Rey Manuel Quintana-Martínez¹
y Martín Martínez Salvador²

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

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

³ 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:

- Descubrimientos o aportaciones breves, obtenidas de un estudio reciente de carácter local o limitado;
- el producto de modificaciones o mejoramiento de técnicas, procedimientos experimentales, análisis estadísticos, aparato o instrumental (de laboratorio, invernadero o campo);
- informes de casos clínicos de interés especial;
- resultados preliminares, pero importantes y novedosos, de investigaciones en desarrollo, o bien,
- 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

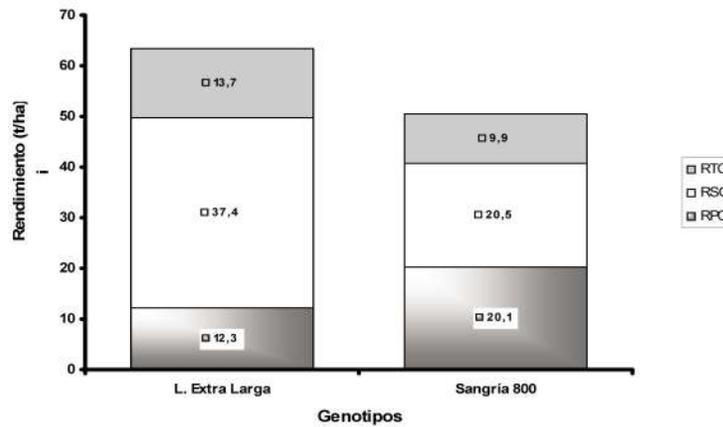
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apearse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

Siempre que se incluyan figuras de línea o de otro tipo deben utilizarse símbolos bien definidos para evitar confusiones. Si se usan gráficas del tipo de barras o pastel, los rellenos deben ser contrastantes. En lo posible, las fotografías 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 _c calculada	Significancia P _r > F _t
Colector	3	4306.25	1435.42	2.68	0.1099
Día	3	214118.75	71372.92	133.30	0.0001
Error	9	4818.75	535.42	-	-
Total	15	223243.75	Desv. Estándar =	23.14	
Estimadores	CV _(%)	10.9	Media =	211.9	

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

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

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

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

Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Enfermería y Nutriología

CONVOCATORIA 2013

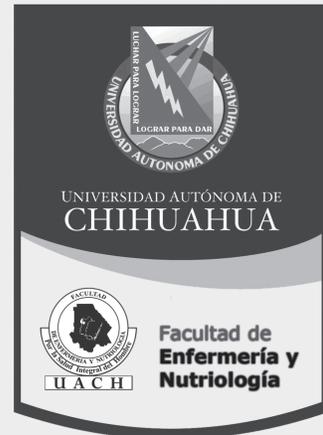
Ciclo escolar agosto-diciembre 2013

MAESTRÍAS

- **MAESTRÍA EN ENFERMERÍA**
(CON BECA CONACYT)
- **MAESTRÍA EN SALUD EN EL TRABAJO**
(CON BECA CONACYT)
- **MAESTRÍA EN NUTRICIÓN HUMANA**

INFORMES:
(614) 238-6048 EXT. 4812 Y 4818
www.fen.uach.mx

“Por la salud integral del hombre”



DIRECTORIO

M.C. Jesús Enrique Seáñez Sáenz
Rector

M. Enf. Elvira Sáenz López
Directora

M.A. Juan Manuel Barroso G.
Secretario de Investigación y Posgrado



"UNA CELEBRACIÓN"
Exposición temporal José Luis Cuevas
en la Ciudad de Chihuahua



José Luis Cuevas



AYUNTAMIENTO DE
CHIHUAHUA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA