

TECNOCIENCIA Chihuahua

Revista de ciencia, tecnología y sociedad
Universidad Autónoma de Chihuahua



Analisis de las
áreas
deforestadas
en la Sierra Madre
Occidental



Análisis de folatos
presentes en tomatillo

Volumen I
Número 1
Sep.-Dic. 2006





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

C.P. RAÚL ARTURO CHÁVEZ ESPINOZA

Rector

ING. HERIBERTO ALTÉS MEDINA

Secretario General

DR. ALFREDO DE LA TORRE ARANDA

Director Académico

LIC. ALONSO GONZÁLEZ NUÑEZ

Director de Extensión y Difusión Cultural

DR. ARMANDO SEGOVIA LERMA

Director de Investigación y Posgrado

C. P. MANUEL MENDOZA GARCÍA

Director de Planeación y Desarrollo Institucional

C. P. ROBERTO ZUECK SANTOS

Director Administrativo

TECNOCIENCIA Chihuahua

DR. ARMANDO SEGOVIA LERMA

Director

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA

Editor en Jefe

Consejo Editorial

DR. GUILLERMO FUENTES DÁVILA

INIFAP, México

DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

CP, México

DR. JOHN G. MEXAL

NMSU, E.U.A.

DR. FERNANDO CADENA-C

NMSU, E.U.A.

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

UANL, México

DRA. ELIZABETH CARVAJAL MILLÁN

CIAD, México

DR. ALBERTO SÁNCHEZ MARTÍNEZ

UJAT, México

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ

CIEEMAD/IPN, México

DR. LUIS FERNANDO PLENGE TELLECHEA

UACJ, México

DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS

INIFAP, México

Colaboradores

JORGE A. VILLALOBOS H.

Diseño y formato

DR. JOHN G. MEXAL

Abstracts

DR. CÉSAR H. RIVERA F.

Reportajes

CARMEN L. VELARDE SHUAYRE

Oficina

DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS

Revisión técnica

DR. JORGE A. JIMÉNEZ CASTRO

Asesor estadístico

LIC. HERIBERTO A. RAMÍREZ LUJÁN

Circulación

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen I, Número 1, enero-abril 2007. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. Número de Reserva al Título en Derecho de Autor: En trámite. Número de Certificado de Licitud de Título: En trámite. Número de Certificado de Licitud de Contenido: En trámite. Domicilio de la publicación: Edificio de la Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario I, C.P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Oficina responsable de la circulación: Dirección de Extensión y Difusión Cultural, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I, C.P. 31170. Imprenta: Impresos Santander, Ernesto Talavera No. 1207, Teléfono 416-7845, Chihuahua, Chih. Fecha de impresión: Enero de 2007. Tiraje: 2,000 ejemplares. Precio por ejemplar en Chihuahua: \$ 60.00 Costo de la suscripción anual: México, \$ 200 (pesos); EUA y América Latina, \$ 35 (dólares); Europa y otros continentes, \$ 40 (dólares). La responsabilidad del contenido de los artículos firmados es de sus autores y colaboradores. Puede reproducirse total o parcialmente cada artículo citando la fuente y cuando no sea con fines de lucro.

Teléfono: (614) 439-1822 (extensión 2213); fax: (614) 439-1823 (extensión 2209), e-mails: dip@uach.mx y crivera@uach.mx. Página web: www.uach.mx.

Contenido

Editorial

El científico frente a la sociedad

Calidad e inocuidad de la carne de res
Alma Delia Alarcón Rojo / Héctor Janacua Vidales

Artículos originales

Alimentos

Cuantificación de los diferentes folatos presentes en tomatillo (*Physalis ixocarpa*) por cromatografía de líquidos de alta resolución
José Luis Ibave González / M. Ochoa

Propiedades físico-químicas de jamones elaborados con carne pálida, suave y exudativa de cerdo
Alma Delia Alarcón Rojo / Cristina Pérez Linares / José Arturo García Macías / Héctor Janacua Vidales

Salud y deporte

Evaluación de riesgo de intoxicación por plomo en la zona urbana aledaña a una fundidora en Chihuahua, México

Margarita Ornelas Hicks / Luz Helena Sanín Aguirre / Fernando Díaz-Barriga / Sandra Alicia Reza López / Isabelle Romieu

Medio ambiente y

Desarrollo sustentable

Análisis de áreas deforestadas en la región centro Norte de la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, México

Carmelo Pinedo Álvarez / Alfredo Pinedo Álvarez / Rey Manuel Quintana / Martín Martínez Salvador

Economía y administración

Importancia de la tecnología del proceso en empresas manufactureras de la ciudad de Chihuahua, México

Juan Oscar Ollivier Fierro
44

Miscelanea

Directorio de investigadores del Sistema Nacional de Investigadores
Universidad Autónoma de Chihuahua

53

Creatividad y desarrollo tecnológico

Editor para la construcción y aplicación de escalas Por medio de una PC

Humberto Blanco Vega / Martha Ornelas Contreras / Francisco Muñoz Beltrán / Fernando Mondaca Fernández / Judith Margarita Rodríguez Villalobos / María del Carmen Sueck Enríquez / Jesús Enrique Peinado Pérez

55

El proceso de transferencia de tecnología en el sector ganadero y de recursos naturales en la Facultad de Zootecnia

Carmelo Pinedo Álvarez

60

Reportajes

Entrevista a los doctores en ciencias Héctor Osbaldo Rubio Arias y Rubén Alfonso Saucedo Terán, autores del libro "Normas básicas en la redacción de artículos técnico-científicos"

César H. Rivera Figueroa

63

Normas editoriales

Guía para autores de escritos científicos

66

Autores y colaboradores

73

Editorial

La expresión por escrito de las ideas ha dejado en nuestra cultura una huella profunda y constituye una práctica llevada a cabo por las civilizaciones más sobresalientes. Este proceso condujo al nacimiento del libro, que viene a ser uno de los mejores formatos para preservar ideas de todas clases que otrora y en su momento fueron escritas en pergamino o más atrás en tablillas de barro.

Aunque la aparición del libro en su formato actual es relativamente reciente, lo son todavía más las publicaciones científicas periódicas. No fue sino hasta el siglo XVII cuando Inglaterra y Francia empezaron a mantener de manera sistemática sus publicaciones de carácter científico, permitiendo documentar de esta manera los descubrimientos y avances de sus respectivos investigadores. Por otro lado, gracias a estos medios impresos se propició la consolidación de comunidades científicas tan importantes como la Academia de las Ciencias en Francia y la Royal Society en Inglaterra. Hoy en día, las publicaciones *Journal des Scavants* y *Philosophical Transactions* son verdaderos tesoros para documentar la historia de la ciencia.

Con la aparición de las publicaciones periódicas se sustituyeron las cartas, que hasta aquel entonces los científicos intercambiaban entre sí para comunicar los resultados de sus investigaciones. Con estas revistas surge el embrión del sistema de evaluación de la producción científica por los miembros de la comunidad, identificado como *peer review* o *referee system*, también conocido como sistema de arbitraje o de revisión por pares. El sistema de arbitraje vincula el uso sistemático de árbitros para asesorar la aceptación de los manuscritos que aspiran a ser publicados. Cabe mencionar que este sistema no surgió de forma pronta y acabada, pues, como parte institucional integrante de la ciencia, ha ido evolu-

cionando como respuesta a los problemas concretos con que se enfrentan los científicos en el proceso de desarrollo de la investigación y como subproducto de la emergente organización social de los científicos.

Con los manuscritos legitimados por la lectura crítica de los pares mediante la valoración institucionalizada y firmada por revisores competentes, se da inicio al proceso de evaluación que habrá de llevar a lo que se conoce como revistas arbitradas y de esta forma el lector tendrá la certeza de recibir materiales de alta calidad.

Así es que la aparición de una nueva revista científica en nuestra universidad, que satisfaga las exigencias y las condiciones mundiales de más alto rango establecidas por la comunidad internacional, representa un acontecimiento de gran relevancia para la vida universitaria. Por primera vez en la historia de la Universidad Autónoma de Chihuahua sus catedráticos e investigadores contarán con una revista arbitrada, lo cual permitirá la evaluación y divulgación de sus aportaciones a un alto nivel. Propiciará también la consolidación de sus cuerpos académicos, para dejar constancia con ello del cúmulo de intereses y problemas que se abordan en el seno de nuestra comunidad académica. De este modo nos vincularemos, al mismo tiempo, de manera firme y duradera con las comunidades científicas de otros países y de otras universidades.

C. P. RAÚL ARTURO CHÁVEZ ESPINOZA
Rector

Calidad e inocuidad de la carne de res

ALMA DELIA ALARCÓN ROJO Y HÉCTOR JANACUA VIDALES*

Introducción

La preocupación sobre la inocuidad y la seguridad de los alimentos es un tema importante para los consumidores, por lo que debe haber interés en asegurar que las prácticas de producción garantizan la calidad final del producto y cumplen con las expectativas del mercado. La seguridad alimentaria en una engorda implica dedicar atención y monitorear la calidad a lo largo de toda la cadena desde la granja hasta el consumidor. En la cadena alimentaria participan fabricantes de alimentos para animales, agricultores, ganaderos, procesadores de carne, autoridades y consumidores. Cada uno debe asumir la responsabilidad del papel que ellos tienen en la obtención de un producto de res de calidad para ofrecer a sus respectivos mercados.

Los ganaderos y procesadores son los responsables principales de la seguridad alimentaria; las autoridades controlan y garantizan el cumplimiento de esta obligación a través de los sistemas nacionales de vigilancia y control. Los consumidores tienen la responsabilidad de almacenar, manipular y cocinar los alimentos de manera apropiada. Por tanto un programa de seguridad alimentaria deberá consistir en el establecimiento de la

política llamada “de la granja al consumidor” y abarcar todos los segmentos de la cadena alimentaria.

El programa de aseguramiento de la calidad es la base para la implementación del programa de Análisis de Riesgos y los Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés). El HACCP es el proceso para determinar qué puede salir mal, planeando evitarlo y documentando lo que se ha hecho, con el apoyo adicional de la validación y el monitoreo.

En EUA, desde el primero de enero del 2000 todas las empacadoras de carne tienen implementados programas HACCP de acuerdo a los lineamientos del USDA. Ahora se están implementando prácticas de manejo en el rancho para que junto con los principios del HACCP aplicados en el sacrificio y en el procesado, aseguren una carne segura, inocua, y de características uniformes a los consumidores.

* Profesores de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Francisco R. Almada, km 1 de la carretera Chihuahua-Cuauhtémoc, Chihuahua, Chih., México, 31031, tel. (614) 434 0363, aalarcon@uach.mx.

Aunque en México aún no se exige el HACCP en las explotaciones ganaderas es ventajoso pensar en su aplicación sobre todo si se desea aumentar los rendimientos y la competitividad de la empresa. Todo esto significa que se deberá poner atención a todos los aspectos que estén relacionados con la seguridad de la carne que se produce. Todas las personas relacionadas con la cadena productiva, desde el ganadero hasta el carnicero, deberán poner atención en las áreas que pueden significar un riesgo para el producto.

¿Qué es el aseguramiento de calidad del ganado bovino?

El aseguramiento de calidad de la carne de res es un programa que asegura que el ganado es criado de tal manera que resultará en un producto seguro e inocuo para el consumidor. Específicamente este programa recomienda aumentar la calidad de la canal previniendo la presencia de residuos, la contaminación con patógenos y los defectos de calidad tales como recortes de la canal por inyecciones, moretones o heridas. El objetivo del programa es aumentar la base competitiva para el mercado del ganado.

El programa de aseguramiento de la calidad de la carne de bovino es una práctica que puede identificar áreas potenciales de problemas y por lo tanto, evita defectos potenciales del producto.

Existen cuatro razones por las cuales se debe implementar un programa de sanidad y de aseguramiento de la calidad en la industria ganadera.

1. Los consumidores no comprarán productos en los que no confíen. Las enfermedades producidas por los alimentos y los fraudes por residuos ocurren cada vez con más frecuencia y alarman al público.
2. Las canales y los defectos en la piel, tales como lesiones por inyecciones, exceso de grasa, y las marcas del rancho (fierros) cuestan dinero.
3. Muchos procesadores de carne no compran animales de fuentes que no proporcionen aseguramiento de sanidad y calidad. Sobre todos si éstos están tratando de implementar el programa HACCP.
4. Las consecuencias por usar medicamentos ilegales o por uso erróneo de productos de salud animal pueden incluir penalización civil o aún criminal. Por lo tanto, existe una razón económica y una responsabilidad legal y moral de producir alimentos seguros y de alta calidad.

Una política alimentaria eficaz exige un sistema de rastreabilidad de los alimentos destinados al consumo animal y humano y de sus ingredientes. La obligación de las empresas es aplicar procedimientos adecuados para retirar alimentos del mercado cuando exista un riesgo para la salud de los consumidores. Asimismo, los productos de origen animal presentan peligros intrínsecos a raíz de la posible contaminación microbiológica y química.

La ausencia de controles internos (buenas prácticas de fabricación, controles internos, planes de emergencia) y la falta de mecanismos de rastreabilidad son puntos débiles que permiten la diseminación de contaminantes y el desa-

rollo de la crisis que se propagan a lo largo de toda la cadena alimentaria.

Los alimentos afectan el crecimiento animal, la calidad de los alimentos, la inocuidad, y la seguridad del consumidor. Además la industria productora de alimentos para animales debe estar sujeta a las mismas disposiciones y controles rigurosos que se aplican en el sector productor de alimentos destinados al consumo humano.

La seguridad de los alimentos de origen animal comienza por la de los alimentos para animales. Los productos utilizados en la nutrición animal (aditivos, productos farmacéuticos, complementos) deben ser perfectamente controlados, de la misma manera se debe vigilar el uso de antibióticos. Los operadores deben llevar registros adecuados de materias primas e ingredientes.

La falta de higiene personal del operador encargado de la alimentación del ganado puede contaminar el alimento con sus microbios. Muchas de las enfermedades del ganado tienen su origen en el alimento. Aún los alimentos que tienen una apariencia segura pueden cambiar el color de su grasa y por lo tanto el olor de la carne. Se debe checar que todos los subproductos vegetales estén libres de residuos.

Finalmente si se deposita toda la confianza en los inspectores, recordemos que ellos no pueden ver la E. coli 0157:H7, la Salmonella o los residuos.

Las canales serán de mayor calidad si los animales tienen:

- Piel limpia
- Ubres secas
- Estómago vacío, y

- Si están tranquilas, y libres de estrés ocasionado por el transporte, clima, ruido, trabajadores, ganado, etc.

Fuentes de contaminación microbial

Aún si el ganado está sano al salir del rancho, éste se puede estresar en el trailer del transporte. Los microorganismos del intestino de una vaca estresada, como la Salmonella, que normalmente no produce problemas a las vacas, puede ser diseminada a otras vacas vía diarrea. Esto conduce a que lleguen al rastro pieles con Salmonella. Si el trailer no es lavado entre diferentes cargas de animales, este puede ser una fuente de contaminación cruzada durante el trayecto. Una vez que esto ha ocurrido, es prácticamente imposible que el personal del rastro retire la piel sin contaminar la carne.

Las ubres llenas también crean problemas en el rastro al tratar de retirarlas. Inevitablemente la ubre es cortada y la leche sin pasteurizar es salpicada en la canal y los trabajadores.

Los intestinos llenos causan problemas similares durante la evisceración. La Salmonella y E. coli ambas, provienen del intestino de los animales.

En la sala de deshuesado los abscesos ocasionados por agujas sucias o moretones pueden contaminar con pus las mesas, los cuchillos y al operario. En este caso, todo el equipo debe ser limpiado, la carne decomisada y el operario deberá lavarse y cambiarse.

Contaminantes físicos

Los contaminantes físicos incluyen trozos de alambres y residuos de plomo de la bala de aturdimiento. Con frecuencia éstos no pueden ser vistos hasta que la carne está en la carnicería lo cual puede causar reclamaciones serias por parte del consumidor. En este caso la empresa y el consumidor son bastante afectados.

Los residuos de la bala pueden ser tan pequeños que se pueden pasar aún por las máquinas del procesado y quizá llegar hasta el plato del consumidor. Los alambres se pueden moler en el proceso y llegar a quebrar las navajas de una mezcladora o a dañar un molino en la elaboración de embutidos echando a perder grandes cantidades de carne procesada. Este problema ha conducido a que los procesadores tengan que pasar todas las cajas de carne por un detector de metales.

Problemas de calidad del producto

El estrés durante el transporte también puede cambiar los niveles de ácido o el pH de la carne, el cual puede endurecerla y darle un color oscuro. Algunas veces este cambio en el color es suficiente para que la carne no sea aceptada por el consumidor, o no se pueda exportar.

Las cicatrices de heridas o marcas del rancho en la piel bajarán la calidad de éstas y esas pieles no podrán ser usadas en la elaboración de ropa fina. Si los hígados están llenos de abscesos, no podrán ser usados para elaboración de alimentos de calidad.

Prácticas de manejo en la industria animal que pueden prevenir problemas de sanidad y de calidad

Se recomiendan las siguientes prácticas de manejo:

1. Mantener buenos registros de salud animal.
 - Identificar permanentemente los animales tratados.
 - Mantener registros por escrito de todos los tratamientos. Registrar: fecha, identificación del animal, producto usado, ruta de aplicación, dosis, y tiempo de retiro.
2. Manejo adecuado de alimentos y aditivos.

Se recomienda:

- Checar en los alimentos el color, la temperatura, el olor, la humedad y los materiales extraños.
 - Proteger a los alimentos de la humedad, roedores, y pájaros.
 - Aplicar los pesticidas de acuerdo con las instrucciones de la etiqueta.
 - Usar recipientes limpios y libres de residuos para almacenar los alimentos.
 - Seguir los tiempos de retiro recomendados para los medicamentos que se agreguen en el alimento.
 - Almacenar separadamente los alimentos medicados (o los medicamentos que se agreguen en los alimentos); limpiar muy bien el equipo de alimento después de su uso.
 - Prevenir la contaminación fecal de los alimentos.
3. Uso adecuado de productos de salud animal.
 - Los pesticidas controlan los parásitos internos y externos.

- Las vacunas previenen las enfermedades.
- Los antibióticos previenen o tratan las enfermedades.

Lo más importante que un productor debe de hacer para prevenir los residuos de medicamentos en los animales productores de alimentos es leer cuidadosamente y seguir las instrucciones de la etiqueta de los productos de salud animal.

La etiqueta enlista las especies aprobadas, las dosis, las rutas de administración, los tiempos de retiro, e información de cómo desechar el producto.

El abuso de cualquier medicamento representa un potencial elevado para causar problemas de residuos en los productos de origen animal. Cualquier desviación de las recomendaciones de la etiqueta requiere de una prescripción del veterinario y éste solo podrá recomendarlo bajo ciertas condiciones.

- Nunca aplicar a sus animales el mismo tratamiento que usó el vecino para los mismos síntomas.

Administración correcta de medicamentos: Existen cuatro rutas para administrar los medicamentos: oral, local, intranasal, e inyectable. Las dos rutas de inyección más comunes son la intramuscular (IM) y la subcutánea (SC). Las inyecciones IM se aplican en el músculo. Para propósitos de calidad se deben aplicar en los músculos del cuello. Las inyecciones SC se aplican debajo de la piel; si es posible aplíquelo en la piel floja del cuello, costado, o detrás de la oreja. Si la eti-

queta le permite elegir use SC en vez de IM.

Guía para una aplicación adecuada de inyecciones:

- Detenga el animal para prevenir que este se lastime y se dañe la aguja.
- Nunca inyecte una sustancia que sea etiquetada para solo uso externo u oral.
- Use agujas de diámetro y longitud apropiadas. Para la mayoría de las inyecciones use aguja de número 16 o menor. Use agujas de 1" o menor para las inyecciones SC, y 1½" para la mayoría de las inyecciones IM, dependiendo del tamaño del animal.
- Cambie las agujas con frecuencia. Las agujas sin filo o dobladas causan más daño al tejido. No enderece las agujas que hayan sido dobladas.
- Aplique las inyecciones bajo condiciones sanitarias y secas. Use equipo limpio y agujas desinfectadas entre animales. No use desinfectantes cuando aplique vacunas de organismos vivos pues se puede disminuir la eficacia de la vacuna.
- No mezcle las vacunas. Solamente use vacunas combinadas previamente preparadas comercialmente.
- Seleccione el sitio de la inyección cuidadosamente. Las inyecciones IM pueden causar abscesos y cicatrices en el músculo. Estas lesiones deben ser recortadas por el procesador, por lo que disminuyen el valor y los rendimientos de la carne, si no son detectadas pueden llegar

hasta el consumidor. Las lesiones pueden también causar endurecimiento del músculo hasta una longitud de 3" de donde está el tejido dañado. Seleccione el lugar para la inyección en el cuello (un corte de bajo valor) y evite las inyecciones IM tanto como sea posible.

- El volumen inyectado por sitio influye en la cantidad de tejido dañado. Si no hay recomendaciones específicas en la etiqueta, limite el volumen a no mas de 10 cc por sitio IM y 20 cc por sitio SC en animales grandes.
- Si usted usa implantes, siga las instrucciones de la etiqueta para la localización y la aplicación apropiada.

4. Otras consideraciones de manejo

Las marcas del rancho o fierros, los daños por parásitos, lodo o estiércol excesivos, y las cicatrices devalúan el cuero y la piel. Los moretones viejos causan cicatrices en el tejido y disminuyen la blandura de la carne. Los moretones frescos ocasionan recortes en la canal y le cuesta anualmente millones de pesos a la industria de la carne. Los moretones son ocasionados por raspones con objetos y esquinas punzocortantes, sujeción inapropiada, cornadas, o manejo rudo durante el transporte. El exceso de la grasa es un problema mayor. La mayoría de los consumidores evitan comer cortes grasosos. El corte oscuro en res puede ser ocasionado por estrés. Minimice el estrés durante la producción, embarque, transporte y procesado. La refrigeración puede también influir en la calidad de los productos cárnicos.


Conclusiones

La seguridad alimentaria en una engorda implica dedicar atención y monitorear la calidad a lo largo de toda la cadena alimentaria desde la granja hasta el consumidor en donde participan fabricantes de alimentos para animales, agricultores productores, procesadores de alimentos, autoridades y consumidores.

Es necesario aplicar sistemas de aseguramiento de la calidad y el más adecuado es el HACCP, el cual es un sistema internacionalmente aceptado y muy útil para el manejo de la calidad de la carne.

A través de este sistema se identifican y controlan los riesgos microbiológicos, químicos y físicos durante la producción, como es reducir contaminación con agen-

tes peligrosos como Salmonella, E. coli O157 y Campylobacter que son agentes patógenos no detectados a simple vista.

La implementación del HACCP demuestra compromiso con la seguridad de los alimentos y con la protección del consumidor, además enfatiza la responsabilidad de la empresa para la producción segura de carne. 

Cuantificación de los diferentes folatos presentes en tomatillo (*Physalis ixocarpa*) por cromatografía de líquidos de alta resolución

Quantification of folates in *Physalis ixocarpa* by high pressure liquid chromatography

JOSÉ LUIS IBAVE GONZÁLEZ* Y M. OCHOA



Resumen

En este estudio se identificaron y determinaron las diferentes especies de folatos por medio de cromatografía líquida de alta resolución en fase reversa, con detección de fluorescencia, aunado a un tratamiento trienzimático. La deconjugación de las cadenas de glutamatos en los folatos se realizó mediante una columna de afinidad a folatos. La cantidad promedio de folatos fue de 1.2 $\mu\text{M}/100$ gramos de peso fresco. La composición de las principales estructuras de folatos presentes en *Physalis* correspondió a 5-metil-tetrahydrofolato, tetrahydrofolato y 5-formil-tetrahydrofolato. La valoración de estos importantes metabolitos dentro de la dieta se ha soslayado debido a la dificultad implícita en su análisis. Es evidente que la falta de esta vitamina está implicada en el riesgo de defectos del tubo neural y anencefalia, principalmente en embarazos no deseados, donde no se consume una dieta adecuada de suplementos antes de la concepción. Este problema puede ser disminuido con la ingesta de fuentes de folatos en la dieta como *Physalis ixocarpa*.

Palabras clave: tomatillo, folatos, HPLC.

Abstract

An efficient quantification method by HPLC was implemented for folates analysis in *Physalis ixocarpa* (husk tomato). A trienzymatic treatment was used for the initial extraction of folates followed by glutamate deconjugation by a folate affinity column. The average amount of folates was 1.2 $\mu\text{M}/100$ grams of fresh weight. The major folate structures present in *Physalis* were identified as 5-methyl-tetrahydrofolate, tetrahydrofolate and 5-formyl-tetrahydrofolate. The importance of the methodology stresses the fact that the difficulty implied in the analysis was overcome. Since this vitamin is involved in several new born disorders such as neural tube defects and anencephaly, it is of great importance to provide such elements in the diet and *Physalis ixocarpa* represents an excellent source of folates.

Keywords: green tomato (husk tomato), folates, HPLC.

* Profesor-Investigador de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus 1. Chihuahua, Chihuahua, México, 31310. Tel. (614) 4391844 y 45. jibave@uach.mx

Introducción

El tomatillo (*Physalis ixocarpa*) es de amplio uso para la preparación de salsas y platillos en la cocina mexicana y es una fuente importante para el suministro de cantidades suficientes de folatos. Los folatos pertenecen a las vitaminas del grupo B y son de gran importancia nutricional para el ser humano. Están compuestos de tres partes fundamentales: la uterina, con diferentes estados de oxidación, que es una molécula de pABA, y finalmente de residuos de glutamato, los cuales imparten su estabilidad dentro de la célula. Estos compuestos son necesarios para prevenir enfermedades cardiovasculares, defectos del tubo neural, anencefalia (Berry *et al.*, 1999; Czeizel y Dudas, 1992) y cáncer (Giovannucci *et al.*, 1995) por medio de la donación de un grupo metilo (llamado el ciclo de C1), necesario para la fabricación de purinas y pirimidinas en la biosíntesis de metionina y homocisteína (Giovannucci *et al.*, 1995). Su consumo es vital para una adecuada división celular y mantener la homeostasis (Wagner, 1995).

Las diferentes coenzimas *in vivo* dependen de la cantidad y la biodisponibilidad al ingerir folatos y después de la pérdida por vía urinaria, fecal y rutas catabólicas (Mason, 1995; Boushey, 1995). Estudios recientes estipulan que el ácido fólico tiene la capacidad de prevenir defectos del tubo neural, particularmente al aumentar el sustrato disponible para la reductasa termolábil (5,10- methylenetetrahydrofolato), lo que resulta en un aumento en la conversión de los aminoácidos homocisteína y metionina, y por lo tanto elimina o reduce el riesgo de que no cierre el tubo neural (Fohr *et al.*, 2002). Los folatos están relacionados con la incidencia de anemia megaloblástica maternal, bajo peso del bebé (Saubertlich, 1995) y alumbramiento prematuro (School y Jonson, 2000). El consumo adecuado de alimentos ricos en folatos (aproximadamente 392 mg/día) está asociado con la disminución de un 22% de los niveles de homocisteína en el cuerpo (Van Oort *et al.*, 2003). La sensibilidad a la luz, calor y oxígeno de esta molécula la hacen susceptible a los métodos empleados en la preparación de los alimentos, ya que se pierde gran cantidad al lixiviarse en el agua de cocción, puesto que es una vitamina hidrosoluble. El mayor aporte de folatos en la dieta es por medio del consumo de verduras.

Lo anterior sustenta la determinación de la concentración de folatos presente en los alimentos, que es crítica para la división celular, principalmente en mujeres embarazadas durante las horas iniciales de la concepción y los primeros tres meses de formación del feto. Adecuados niveles de folatos previenen problemas de anencefalia y defectos del tubo neural. Es determinante asegurar una cantidad adecuada de estos compuestos en la ingesta de las mujeres en gestación para evitar riesgos al embrión, ya que los folatos son precursores de las bases nucleicas implicadas en la biosíntesis del ácido desoxirribonucleico.

El objetivo de esta investigación fue identificar y cuantificar los diferentes tipos de folatos biológicamente activos en los tejidos de tomatillo (*Physalis ixocarpa*) mediante un método estandarizado y efectivo por cromatografía de líquidos de alta resolución.

Materiales y métodos

En este estudio se utilizó un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) de marca HP modelo 1050 Agilent Instruments modelo 1100, equipado con una bomba cuaternaria, automuestreador, arreglo de diodos (DAD) con degasificación por helio y un detector de fluorescencia (FLD), y con una columna Nucleosil

C-18 de 25 mm, 4.6, y 5mM. El HPLC es controlado por una PC con software HP ChemStation; además de una centrífuga Eppendorf con temperatura controlada, un espectrómetro UV/Vis Cary-Varian y un Shaker New Brunswick modelo CX, Thermolyne 1100.

Para el desarrollo del estudio fueron utilizados los siguientes materiales: 5-metil-tetrahydrofolato, tetrahydrofolato, ácido fólico, 5-formil-tetrahydrofolato, dihydrofolato (Sigma-Aldrich, St. Louis MO.), affi-gel 10 (bio-rad), ácido trifluoroacético, *folate binding protein* (FBP, Sigma-Aldrich), azida de sodio, acetonitrilo grado HPLC, ácido acético, DL-dithiotreitol (Sigma-Aldrich) fosfato de potasio monohidratado, fosfato de potasio dihidratado, agua grado HPLC, á-amilasa (*Aspergillus oryzae*, Sigma-Aldrich), proteasa (*Streptomyces griseus*, Sigma-Aldrich) y conjugasa pancreática de pollo tipo 1 (Sigma-Aldrich).

Todos los compuestos empleados fueron de la mas alta pureza y las soluciones fueron filtradas a través de un filtro de nylon 0.22 μm (Sigma-Aldrich).

La preparación de la columna se realizó de acuerdo a Gregory y Toth (1988) y Selhub *et al.*, (1980), con algunas modificaciones. Se tomaron 9.3 ml de agarosa Biorad Affi-Gel 10, se colocaron en una cápsula de porcelana, se hizo lavado con 3 volúmenes de cama con agua a 4 °C, se pasaron a un matraz Erlenmeyer de

50 ml y se colocaron en un agitador a 4 °C y a 150 rpm. La proteína *folate binding protein* (FBP) se disolvió en un amortiguador de fosfatos pH 7 y después se añadió la agarosa, agitándose durante cuatro horas para formar una buena unión entre ellas. Luego se sacó y se lavó con buffer de KAc 0.05 M a pH 4.9 tres veces; posteriormente se empacó y se enjuagó con KAc 0.05 M en tres ocasiones, para un final con tres volúmenes de cama con buffer de fosfatos.

Para la preparación de análisis de los frutos de tomatillo, se adquirieron éstos en diferentes centros comerciales del estado de Chihuahua. La extracción de la muestra se llevó a cabo de acuerdo al método de Selhub *et al.*, (1980) y con las menores modificaciones propuestas por Gregory y Toth (1988), bajo luz amarilla de baja intensidad para impedir la fotodegradación de los compuestos a determinar. A cada frasco de extracto se le agregó el buffer de extracción pH 7 y se calentó a baño maría por 10 min a 100 °C, mientras se agitaba a 50 rpm durante 10 min. Posteriormente y de forma inmediata se puso en baño con hielo para bajar la temperatura y se aplicó una corriente de nitrógeno para desplazar el oxígeno y evitar la oxidación. Se centrifugó por 20 min a una fuerza relativa de 13000 x g a 4°C, separando el sobrenadante y redisolviéndose el residuo agitando de nuevo y centrifugándose por 10



Figura 1. Tomatillo (*Physalis ixocarpa*) en diferentes estadios fenológicos.

min a 13000 x g a 4 °C. Se juntaron los sobrenadantes y se aforó a 50 ml con buffer de extracción, lavándose nuevamente con nitrógeno. Se tomaron 5 ml del sobrenadante y se pasaron a través de la columna de FBP antes estabilizada con buffer de extracción de 10 ml y enjuagada con buffer de fosfatos 0.025M con 1M de NaCl a pH 7. Enseguida se lavó nuevamente con buffer de extracción a un flujo de 0.43 ml/min. por gravedad, fluyéndose 0.02M (TFA)-0.02M (DTT) y lavados consecutivos 0.025M de buffer de fosfatos, conteniendo 1M de NaCl y de nuevo con buffer de extracción. La columna de FBP se almacenó con azida de sodio 0.02 % en buffer de extracción.

El tratamiento trienzimático en los alimentos es necesario para determinar la cantidad de folatos total presente (Martín y Eintenmiller, 1990). No todos los alimentos se comportan igual en el tratamiento trienzimático, ya que no tienen un pH de actividad definida (Tamura *et al.*, 1997) y son usados para eliminar almidón y proteínas, que puedan causar interferencia en diferentes alimentos y por lo tanto incrementar la cantidad de folatos presentes (Cerna y Kas, 1983; Tamura, 1998). Es por esto que todas estas técnicas se realizan bajo luz amarilla para eliminar la fotodegradación. La preparación de la α -amilasa fue a una concentración de 20 mg/ml, añadiéndose 2 ml a la muestra por 5 horas y 37 °C, mientras que la concentración de la proteasa fue de 10 mg/ml, añadiéndose 1 ml por 0.30 g de muestra liofilizada ó 5 g de muestra fresca, preparándose con 0.1M de buffer de fosfatos a 4.1, ajustando el pH con fosfato dibásico 0.1M y 57mM de ácido ascórbico por 6 horas a 37 °C. La conjugasa pancreática (5 mg/ml) se preparó de acuerdo a Rader *et al.*, (1998) y Gregory (1984), disolviéndose por 3 horas a 37 °C en 1.42% de buffer fosfatos, conteniendo 1% de ácido ascórbico a pH de 7.8. Después se calentó en baño maría por 5 min., con el objeto de desnaturalizar las enzimas y separar por filtración en un filtro de nylon 0.22 μ m.

Para la detección de folatos se utilizó un gradiente binario en sistema de cromatografía de alta resolución en fase reversa, columna C₁₈ nucleosil (150 x 4.6mm x 5 μ m) y dos detectores UV y fluorescencia. Todas las soluciones se prepararon con agua grado HPLC. El extracto

se colocó en fase isocrática con buffer de fosfatos, con concentración de 30 mM, pH 2.2 y en una relación del 90% de buffer y 10% de acetonitrilo, seguido de una disminución de éste último a 85% y 15% respectivamente en los siguientes 8 minutos, para volver al estado inicial en los siguientes 3 minutos. Se utilizó un flujo de 0.8 ml/min y una longitud de onda de 290 nm en UV para ácido fólico, mientras que las condiciones para el detector de fluorescencia fueron 290 nm de emisión y 356 nm de excitación para dihidrofolato, tetrahydrofolato y 5-metil-tetrahydrofolato. En el caso de 5-formil-tetrahydrofolato se usó una excitación de 360 y 460 nm de emisión, respectivamente. La fase móvil con un pH ácido tiende a tener pobres identificaciones para el 10 formil-tetrahydrofolato, por la conversión a 5-10 metenil-tetrahydrofolato y la reducción del dihydrofolato a tetrahydrofolato (Díaz De la Garza *et al.*, 2004; Robinson, 1971).

Resultados y discusión

En una gran cantidad de reportes científicos se ha tratado de optimizar la preparación de la muestra y las condiciones cromatográficas para la obtención de una mayor cantidad de folatos de los diferentes materiales bajo estudio; sin embargo, a pesar de todos estos esfuerzos, sólo se ha llegado a tratar de optimizar la cantidad de muestra a extraer, dependiendo de la capacidad de detección de los aparatos empleados. Es por ello que al emplear *Physalis* como material para cuantificar los niveles de folatos presentes se tuvo que trabajar en la adecuación del método para garantizar la precisión de la medición, por medio de la elucidación de la cantidad mínima a detectar, llegándose a una conclusión fundamental respecto a la cantidad mínima de muestra necesaria para lograr reproducibilidad del método y detectar las concentraciones de las diferentes estructuras relacionadas a folatos. Esta situación arrojó que con un tamaño de muestra de 5 g es suficiente para estar por encima de los límites de detección.

La capacidad de las columnas con FBP se midió con ácido fólico y se obtuvo en promedio un 92% de recuperación de esta vitamina, con una desviación estándar de 6.2% y un flujo por gravedad entre 0.37-0.42 ml/min. Estos valo-

res se utilizaron como factor de corrección para la cuantificación precisa de los folatos en tomatillo y determinar la aportación de este importante complejo vitamínico en la dieta.

Los folatos de la matriz del tomatillo extraídos mediante calor tienen una interconversión del 10-formil-tetrahidrofolato a 5-formil-tetrahidrofolato. Es por eso que en ocasiones no se detecta, ya que depende de la actividad y cantidad que tenga en cada alimento, o las sustancias que se emplean para evitar oxidación, como el 2-mercaptoetanol. En este estudio se detectó una elevación del contenido de ácido fólico como resultado de la oxidación del dihidro-folato; además, la importancia del uso de la combinación de dos antioxidantes (2% w/v ácido ascórbico y 2mM de 2-mercaptoetanol) da la estabilidad y convierte una cantidad de los folatos presentes en su forma dihidrofolato a tetrahidrofolato, abriendo la posibilidad de identificar y cuantificar las diferentes derivados de folatos y sus formas de estados de oxidación. Lo anterior se llevó a cabo a pH de 4.1 para realizar la reducción del 5-metil-dihidrofolato a 5-metil-tetrahidrofolato, así como de dihidrofolato a tetrahidrofolato, lográndose una mayor detección en fluorescencia (Wilson y Horne, 1984; Gregory *et al.*, 1990; Vahteristo *et al.*, 1996). Estas formas son de las que se han reportado como de mayor actividad dentro de las plantas y animales (figura 2).

Durante la extracción se tiene que prever

la cantidad de proteína y almidón, ya que interfieren en la cuantificación. Asimismo es necesario tener una aproximación de la concentración posible de folatos que pueden estar presentes, con el número adecuado de repeticiones para optimizar el tiempo de extracción. Para lograr la digestión de las proteínas y almidones y liberar los folatos unidos a ellos, se determinó que los tiempos para cada enzima fueron como sigue: á-amilasa, 6 horas; proteasa, 2 horas; ã-carboxilasa, 4 horas. Con estos tratamientos fue posible evitar la degradación térmica de los folatos a pesar de los tiempos tan largos para la digestibilidad.

La cantidad de folatos medidos usando el método trienzimático resultó en una precisión superior al 132% con respecto a la cuantificación de estos compuestos a través de la acción exclusiva de la conjugasa, por lo que se demuestra que los folatos en tomatillo se encuentran retenidos en la matriz celular del tejido del alimento.

Para la identificación y la cuantificación de los folatos fue necesario determinar la longitud de onda apropiada para cada compuesto, ya que no todos pueden ser identificados a la misma longitud, por ejemplo, la señal de detección por fluorescencia para dihidrofolato es muy baja en comparación con las diferentes formas de tetrahidrofolato.

En los resultados cromatográficos (figuras 3 y 4) se tomó la mezcla racémica de cada folato como un solo compuesto, ya que es muy

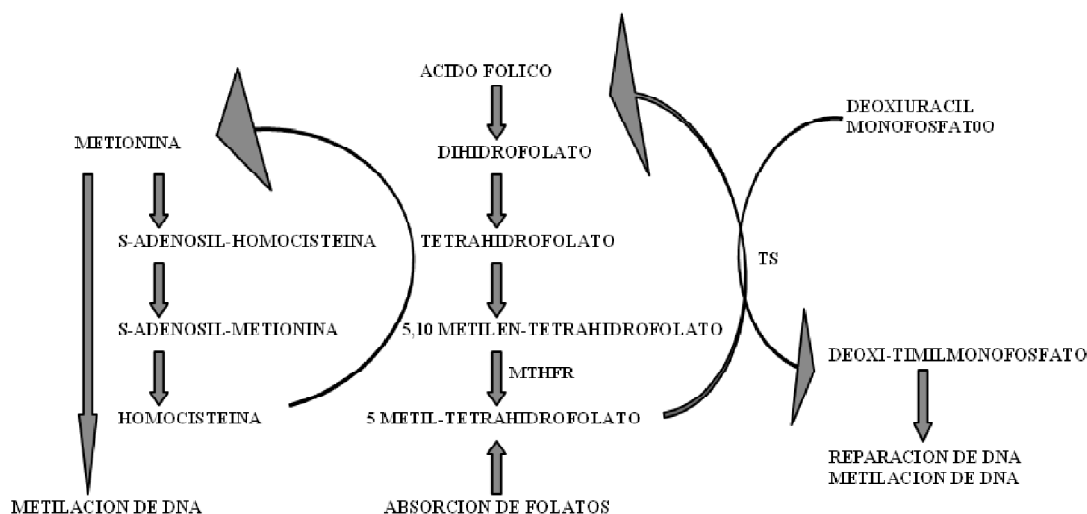


Figura 2. Principales derivados activos de folatos y las diferentes rutas metabólicas en las cuales están implicados (Ravanel *et al.*, 2001).

complicado hacer la separación de los isómeros bajo la metodología empleada.

A pesar de la gran dificultad para la detección y cuantificación de estos metabolitos como resultado del pH propio del alimento y que afecta la estabilidad de los mismos, fue posible obtener una excelente reproducibilidad del método y buenos resultados en la cuantificación total de folatos (1.21 $\mu\text{mol}/100\text{g}$, en base a peso fresco), por lo que se ha podido elucidar que *Physalis ixocarpa* es una fuente adecuada para proporcionar cantidades de folatos importantes en la dieta.

En el cuadro 1 se muestran las diferentes formas cuantificadas de folatos en tomatillo, que presenta niveles importantes del metabolito 5-metil-tetrahidrofolato, el cual se considera el de mayor significancia biológica. Si asumimos que la ingesta *per capita* alcanza niveles de 3.5 kg/año (SAGARPA, 2001), es necesario introducir campañas para promover su consumo, porque representa una fuente importante de folatos. Hay que recordar todos los problemas asociados con mujeres en edad fértil (Sauberlich, 1971; Scholl *et al.*, 2000).

El impacto positivo que tiene el tomatillo en la dieta, por desconocimiento, se ha ignorado, ya que siempre se asocia como producto típico de la comida mexicana. Se analizaron sus potenciales basándose en la prevención de defectos de tubos neurales y anencefalia, principalmente en embarazos no planeados, mediante la cuantificación del aporte de folatos presentes en este producto.

El uso de la extracción trienzimática fue efectivo, obteniendo niveles más altos que el empleo de una sola enzima, la conjugasa. En

el método trienzimático se obtuvieron niveles de folatos hasta de 1.8 veces por encima de la conjugasa, debido principalmente a la interferencia causada por la presencia de polímeros (almidón y proteínas) que atrapan a este tipo de compuestos. Sin embargo, su potencial radica en la prevención de defectos del tubo neural.

Para una adecuada detección de folatos en concentración reducida, que es lo que ocurre comúnmente en los alimentos, se requiere utilizar métodos de separación e identificación con técnicas de alta sensibilidad (Vahteristo *et al.*, 1996), empleando cromatografía de líquidos de alta resolución con detección de fluorescencia, con límites inferiores que oscilan entre 0.03 a 2.3 $\text{pmol}/100\mu\text{L}$ en el punto de inyección (Gregory *et al.*, 1984). Además de ser un método rápido en comparación con el comúnmente empleado (que se basa en una prueba microbiológica), también permite determinar las diferentes especies de folatos presentes como monoglutamatos y poliglutamatos, así como sus estados de oxidación.

Cuadro 1. Cantidades de los diferentes estructuras derivadas de los folatos presentes en tomatillo (*Physalis ixocarpa*).

Compuesto	Cantidad $\mu\text{mol}/100\text{g}$ (media)
Ácido Fólico	0.185
5 formil-tetrahidrofolato	0.4152
Dihidrofolato	—
Tetrahidrofolato	0.0912
5 metil-tetrahidrofolato	0.5226
Total	1.2114

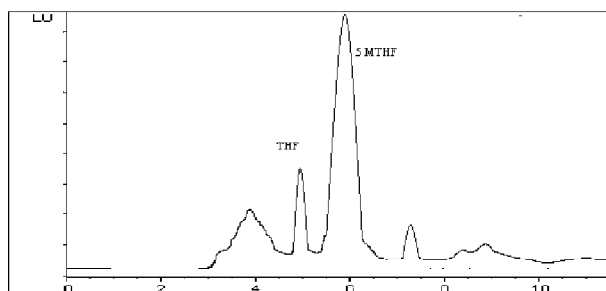


Figura 3. Análisis con detector de fluorescencia para la identificación de diferentes especies derivadas de folatos como monoglutamatos (excitación 290, emisión 356) en *Physalis ixocarpa*.

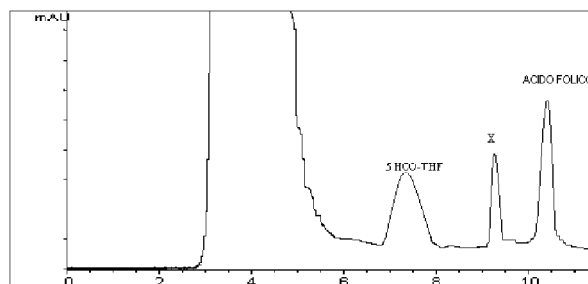


Figura 4. Identificación de diferentes especies derivada de folatos como monoglutamatos con detector de UV y arreglo de diodos (λ 290 nm) en *Physalis ixocarpa*.

La más alta concentración de folatos se logró al tratar las muestras a pH de 4.1, ya que inhibió la actividad de la enzima conjugasa endógena contenida en la matriz del alimento y por lo tanto afectó la extracción de este tipo de compuestos (Gregory *et al.*, 1990). A este pH se optimizó la actividad de la proteasa y amilasa para la extracción completa de los folatos del tejido del tomatillo. Es probable que algunos de ellos se encuentren atrapados en proteínas y carbohidratos y, por consiguiente, tienen que ser sometidos a un proceso de digestión para su liberación y correcta cuantificación en el alimento.

Al terminar el proceso de extracción de los folatos se recomienda inmediatamente inyectarlos, ya que al ser almacenados a bajas temperaturas se reduce su concentración, debido al deterioro y destrucción por exposición a la luz.

El total de las formas de folatos antes del tratamiento trienzimático es significativamente diferente después del tratamiento trienzimático (Nehmatallah, 2003), o se incrementa la concentración de compuestos, principalmente de conversión de dihidrofolatos a tetrahidrofolatos, ya sea por conversión como resultado de la temperatura, extracción ácida y el uso de antioxidantes (Lucock *et al.*, 1995). De forma similar, empleando como fluyente de la columna el ácido trifluoroacético y DL-ditiotreitol, se pueden perder derivados del folato como 5-HCO-THF, que tiene una gran inestabilidad a pH bajos y puede convertirse parcialmente a 5,10 metenil THF (Robinson, 1971).

Conclusiones

Este es el primer reporte en la literatura en donde se ha trabajado con tomatillo (*husk tomato*), que resulta ser una excelente fuente de folatos, por lo que su consumo o introducción en la dieta, sobre todo en mujeres con potencial de gestación, representa un alimento ideal para evitar o reducir el índice de defectos del tubo neural y anencefalias en recién nacidos. Se ha establecido una metodología para la identificación y cuantificación de los diferentes folatos presentes en *Physalis ixocarpa* empleando una modificación en la metodología por HPLC, basada en un detector de fluo-

rescencia que ofrece rapidez y precisión, superando lo reportado en donde se emplean ensayos microbiológicos, que muchas veces no son tan sensibles en la cuantificación por ser cantidades muy pequeñas de folatos en los alimentos. Aunado a lo anterior, se cuenta con una excelente técnica de extracción de folatos de la matriz por el método trienzimático y la afinidad de folatos en columnas con proteínas inmovilizadas para la purificación de la muestra.

Durante la extracción se dio una variación de los resultados con una desviación estándar de 6.2%, debido a que se compraron tomatillos en diferentes tiendas y diferentes fechas (entre febrero y abril), que pueden cambiar en su composición debido a factores bióticos y abióticos teniendo variaciones en la cantidad de folatos o bien expresándose más algunos folatos debido a su actividad interna en el tomatillo.

Los niveles de folatos encontrados en *Physalis* permiten elucidar su importancia como alimento constitutivo en una dieta que ayude a preparar balanceos nutrimentales entre los tipos de alimentos que debemos consumir, principalmente para mujeres en edad reproductiva.

Literatura citada

- BERRY, R.J., Z. Li, D. Erickson, S. Li, C.A. Moore, H. Wang, J. Mulinare, P. Zhao, L.C. Wong, J. Gindler, S. Hong, A. Correa. 1999. Prevention of neural-tube defects with folic acid in China. *N. Engl. J. Med.* 341:1485-1490.
- BIRKTOFT, J.J., K. Bredman. 1994. Glutamyl endopeptidases. *Methods in Enzymology* 244: 114-126.
- BOUSHEY, C.J., S.A.A. Beresford, G.S. Omenn and A.G. Motulsky. 1995. A quantitative assessment of plasma homocysteine as a risk factor for vascular disease. Probable benefits of increasing folic acid intakes. *J. Am. Med. Ass.* 274: 049-1057.
- CERNA, L. and J. Kas. 1983. New conception of folacin assay in starch or glycogen containing food samples. *Nahrung* 10:957-964.
- CZEIZEL, A. and I. Dudas. 1992. Prevention of the first occurrence of neural tube defects by periconceptional vitamin supplementation. *N. Engl. J. Med.* 327:1832-1835.
- DÍAZ DE LA GARZA, R., E.P. Quinlivan, M.J. Klaus, J.C. Basset, J.F. III Gregory and A.D. Hanson. 2004. Folate biofortification in tomatoes by engineering the pteridine branch of folate synthesis. *Proc. Nat. Ac. Sci.* 101 (38):13720-13725.
- FOHR, I., R. Prinz-Langenohl, A. Bronstrup, A. Bohlmann, H. Nau, H. Berthold and K. Pietrzik. 2002. 5,10-Methylenetetrahydrofolate reductase genotype deter-

- mines the plasma homocysteine-lowering effect of supplementation with 5-methyltetrahydrofolate or folic acid in healthy young woman. *Am. J. Clin. Nut.* 75 (2):275-282.
- GIOVANNUCCI, E., E.B. Rimm, A. Ascherio, M.J. Stampfer, G.A. Colditz and W.C. Willett. 1995. Alcohol, low-methionine-lowfolate diets, and risk of colon cancer in men. *J. Nat. Cancer Inst.* 87:265-273.
- GREGORY, J.F., R. Engelhardt, S.D. Bhandari, D.B. Sartain and S.K. Gustafson. 1990. Adequacy of extraction techniques for determination of folate in foods and other biological materials. *J. Food Comp. An.* 3:134-144.
- GREGORY, J.F., D.B. Sartain and B.P.F. Day. 1984. Fluorometric determination of folacin in biological materials using higher performance chromatography. *J. Nutrition.* 14:341-353.
- GREGORY, J.F. and J.P. Toth. 1988. Chemical synthesis of deuterated folate monoglutamate and in vivo assessment of urinary excretion of deuterated folates in man. *Anal. Biochem.* 170:94-104.
- JASTREBOVA, J., C. Witthoft, A. Grahn, U. Svensson and M. Jägerstad. 2003. HPLC determination of folates in raw and processed beetroots. *Food Chem.* 80 (4):579-588.
- LUCOCK, M.D., M. Green, I. Priestnall, M. Daskalakis, I. Levene and R. Hartley. 1995. Optimization of chromatographic conditions for the determination of folates in foods and biological tissues for nutritional and clinical work. *Food Chem.* 53:329-338.
- MARTIN, J.I., W.O. Jr. Landen, A. G. Soliman and R. R. Eitenmiller. 1990. Application of a tri-enzyme extraction for total folate determination in foods. *J. Ass. Off. Anal. Chem.* 73:805-808.
- MASON, J. 1995. Folate status: effects on carcinogenesis. In: *Folate in Health and Disease*. Lynn Bailey (ed.). Marcel Dekker, New York, N.Y. pp. 329-361.
- NEHMATALLAH, N.J. 2003. Capillary electrophoresis and high performance liquid chromatography determination of polyglutamyl folates in citrus products. In: *IFT Annual Meeting*. Chicago.
- PEÑA, L.A. 2001. Situación actual y perspectivas de la producción y mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en México. *Memoria del XXIV Congreso Nacional de Fitogenética*. 4-9 de octubre. UAAN.
- RADER, J.I., C.M. Weaver and G. Angyal. 1998. Use of a micro-biological assay with tri-enzyme extraction for measurement of pre-fortification levels of folates in enriched cereal-grain products. *Food Chem.* 62(4):451-465.
- RAVANEL, S., H. Cherest, S. Jabrin, D. Grunwald, Y. Surdin-Kerjan, R. Douce and F. Rébeillé. 2001. Tetrahydrofolate biosynthesis in plants: Molecular and functional characterization of dihydrofolate synthetase and three isoforms of folylpolyglutamate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *Proc. Nat. Ac. Sci.* 98(26):15360-15365.
- ROBINSON, D.R. 1971. The nonenzymatic hydrolysis of N5 N10-methenyltetrahydrofolic acid and related reactions. *Methods Enzymol.* 18B:716-725.
- SAUBERLICH, H.E. 1995. Folate status of U. S. population groups. In: *Folate in Health and Disease*. Lynn Bailey (ed.). Marcel Dekker, NY. pp 171-194.
- SCHOLL, T.O. and W. G. Johnson. 2000. Folic Acid: influence on the outcome of pregnancy. *Am. J. Clin. Nut.* 71:1295-1303.
- SELHUB, J., O. Ahmad and I.H. Rosenberg. 1980. Preparation and use of affinity columns with bovine milk folate-binding protein covalently linked to Sepharose 4B. *Methods Enzymol.* 66:686-690.
- TAMURA, T., Y. Mizuno, K.E. Johnson and R.A. Jacob. 1997. Food folate assay with protease α -amylase and folate conjugase treatments. *J. Agr. Food Chem.* 45:135-139.
- TAMURA, T. 1998. Determination of food folate. *Nutr. Biochem.* 9: 285-293.
- VAN OART, F., A. Boonstre, I. Brower, R. Clarke, C. West, M. Katan and P. Verhoef. 2003. Folic acid and reduction of plasma homocysteine concentration in older adults, a dose response study. *Am. J. Clin. Nut.* 77 (5):1318-1323.
- VAHTERISTO, L. T., V. Ollilainen, E. K. Pekka and P. Varo. 1996. Improvements in the analysis of reduced folate monoglutamates and folic acid in food by high-performance liquid chromatography. *J. Agr. Food Chem.* 44:477-482.
- WAGNER, C. 1995. Biochemical role of folate in cellular metabolism. In: *Folate in health and disease*. Lynn Bailey (ed.). Marcel Dekker, NY 23-42.

Recibido: Marzo 24, 2006/Aceptado: Agosto 19, 2006



Propiedades físico-químicas de jamones elaborados con carne pálida, suave y exudativa de cerdo

Physicochemical properties of hams manufactured with pale, soft and exudative meat of pig

ALMA DELIA ALARCÓN ROJO, CRISTINA PÉREZ LINARES,
JOSÉ ARTURO GARCÍA MACÍAS Y HÉCTOR JANACUA VIDALES*

Resumen

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar las propiedades físico-químicas de jamones elaborados con 0, 10 y 20% de carne de cerdo con características pálida, suave y exudativa, así como determinar el rendimiento en jamón al adicionar carragenina como agente ligador. Los datos fueron analizados estadísticamente en un diseño de cuadro latino con cuatro repeticiones por tratamiento en el experimento 1 y tres en el experimento 2, y las medias fueron sometidas a contrastes ortogonales. No hubo efecto ($P>0.05$) de los porcentajes de carne pálida, suave y exudativa y del almacenamiento en el color, pH, esfuerzo de corte, capacidad de retención de agua y proteína total. La calidad sensorial no fue diferente ($P>0.05$) entre el jamón PSE y el control, no obstante el jamón con el 20% mostró ($P>0.05$) la mayor pérdida por cocimiento y almacenamiento. La adición de los niveles de carne disminuyó ($P<0.05$) el pH de los jamones al día 1 de almacenamiento (5.90, $P>0.05$). La adición de carragenina no modificó ($P>0.05$) la capacidad de retención de agua, esfuerzo de corte, color y calidad sensorial de los jamones normales y con C-PSE, pero sí redujo ($P>0.05$) la pérdida de peso por cocimiento y por almacenamiento. Los resultados sugieren que la adición de hasta un 20% de C-PSE y carrageninas para los jamones reestructurados no tiene efectos perjudiciales en la calidad del producto.

Palabras clave: Carne pálida, suave, exudativa, PSE, pH, retención de agua.

Abstract

Two experiments were conducted. The objective of the first one was to evaluate the physical-chemical properties of ham elaborated with 0, 10 and 20% of pale, soft and exudative (PSE) pork meat and stored for 1, 7 and 14 d at chilling temperatures. The objective of the second one was to determine the physical-chemical properties and yield of hams elaborated with PSE pork meat with carrageenan. Data were analyzed by a Latin square design with four measurement in each treatment for experiment 1 and three for experiment 2, and the means were analyzed by orthogonal contrast. There was no effect ($p>0.05$) of PSE-meat level and storage time on color, pH, shear force, water-holding capacity and total protein of hams. The 20% PSE hams showed the highest ($p>0.05$) cooking and storage losses. The addition of PSE meat decreased ($p<0.05$) ham pH at day 1 of storage. The addition of carrageenan did not change ($p>0.05$) water-holding capacity, shear force, color and sensory quality of both normal and PSE hams, though it decreased ($p>0.05$) cooking and storage losses of hams. These results suggest that the addition of up to 20% PSE meat and carrageenan to restructured hams had no detrimental effect on product quality.

Keywords: pale, soft, exudative pork, pH, PSE, shear force, water-holding capacity.

* Profesores de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Francisco R. Almada, km 1 de la carretera Chihuahua-Cuauhtémoc, Chihuahua, Chih., México, 31031, tel. (614) 434 0363, aalarcon@uach.mx.

Introducción

La industria porcina se ha enfocado a producir animales con una mayor capacidad de deposición de tejido magro, como respuesta a la demanda del consumidor. La selección genética ha dado como consecuencia un aumento en la susceptibilidad al estrés de los animales, la cual es heredada a través de un gen conocido como *gen del estrés* o *gen halotano*.

Los animales con este gen suelen presentar modificaciones en su metabolismo (Wirth, 1985). Después del sacrificio se inicia un rápido descenso del pH, provocando una desnaturalización proteica que da origen a la carne pálida, suave y exudativa (C-PSE). La C-PSE presenta baja capacidad de retención de agua (Fortin y Raymond, 1987), mayores pérdidas por cocimiento, baja jugosidad y blandura, lo que limita la capacidad de elaboración de productos cárnicos (Woltersdorf y Troeger, 1990). Estas características de la carne PSE se pueden presentar también en la carne de animales que han sido estresados en las etapas inmediatas al sacrificio, independientemente de su naturaleza genética (Schwagele *et al.*, 1992).

En la actualidad, la presencia de C-PSE en la industria procesadora de Chihuahua es superior al 10% anual, y es más elevado en los meses de mayo a agosto. La importancia radica en que la C-PSE se presenta en las piezas de mayor valor económico del cerdo: el lomo y la pierna (Schwagele *et al.*, 1992). Esto ocasiona rendimientos económicos bajos en los productos elaborados con esos músculos, como es el caso de los jamones tipo York y tipo español. Por lo anterior, la industria cárnica se ha visto en la necesidad de hacer modificaciones en la formulación de los productos para asegurar la calidad de los mismos. Las carrageninas han sido ampliamente usadas como ligadoras, debido a que mejoran la textura, aumentan la capacidad de retención de agua y reducen la pérdida de peso del producto durante el cocimiento y/o almacenamiento (anónimo, 1994). Se realizaron dos experimentos. El objetivo del primer experimento fue evaluar las propiedades físico-químicas y el efecto del almacenamiento de jamones elaborados con diferentes porcentajes de C-PSE. El objetivo del segundo experi-

mento fue evaluar las propiedades físico-químicas y el rendimiento de los jamones elaborados con C-PSE de cerdo, adicionados con carragenina como agente ligador, así como determinar el efecto del almacenamiento sobre esas propiedades.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en los laboratorios de la Facultad de Zootecnia. Para la elaboración de jamones se utilizó carne con características normales (CN) y carne pálida, suave y exudativa de cerdo (C-PSE) a las 72 h *post mortem*. La carne fue obtenida de una planta procesadora de la ciudad de Chihuahua. La C-PSE se identificó de acuerdo a los criterios subjetivos, como color y textura, los cuales se basan en la escala japonesa, y se complementó con la medición del color (L^* , a^* y b^*) al momento de la recepción. En el primer experimento se elaboraron jamones con tres formulaciones, conteniendo 0, 10 ó 20% de C-PSE. La formulación general se realizó con 20 g de sal, 0.9 g de nitratos y nitritos de sodio, 0.9 g de fosfato de sodio, 7.5 g de intensificador de sabor, 6 g de saborizante, 2.5 g de azúcar y 150 g de hielo. En el experimento 2 se elaboraron jamones conteniendo en su formulación 0 y 20% C-PSE, a los cuales se les agregó un ligador formulado a base de carrageninas y sólidos de la leche. En ambos casos como placebo el producto no contenía el ligador. Para el segundo experimento se utilizó la misma formulación utilizada en el primer experimento. La elaboración de los jamones se realizó con los músculos de la pierna de cerdo, eliminando la grasa visible y los tendones para posteriormente ser cortado en trozos de aproximadamente 2 pulgadas. Se curaron en seco y se adicionaron

los ingredientes en la masajeadora sin vacío en ciclos de 1.5 h con 30 min de reposo por 4 h. La carne se colocó en moldes rectangulares y se dejó reposar a 4° C por 48 h. El cocimiento a baño maría se realizó tomando 45 min por cada kg de carne a una temperatura de 70° C. El enfriado de los jamones se realizó durante 20 a 30 min, luego se empaquetaron al vacío y se almacenaron a 4° C. Los jamones fueron evaluados durante los días 1, 7 y 14 de almacenamiento. Se realizó el análisis físico-químico cuantificando las siguientes variables: el potencial hidrógeno (pH) del jamón, color (L*, a* y b*) en la superficie de la carne después de 15 minutos de exposición al aire; la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne y del jamón se cuantificó utilizando la técnica descrita por Grau y Hamm (1953) modificada por Boakye y Mittal (1993); el esfuerzo de corte (EC) se observó a través de un texturómetro adaptado con una navaja Warner-Bratzler de acuerdo al método de muestreo recomendado por Hostleter y Richey (1964), El contenido de proteína total (PT), ceniza y humedad tanto de la carne como del jamón fue evaluado usando las técnicas descritas del AOAC (1992).

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un diseño de cuadro latino (Steel y Torrie, 1988) con cuatro repeticiones por tratamiento en el primer experimento y tres repeticiones en el segundo experimento, las medias fueron obtenidas por el procedimiento LSMeans de SAS (SAS, 1992) y comparadas por contrastes ortogonales.

Resultados y discusión

Las características de pH, CRA, EC y color de los jamones durante los días de almacenamiento se muestran en los cuadros 1 y 2. No se detectaron diferencias ($P > 0.05$) en los jamones con diferentes porcentajes de C-PSE, no hubo efecto de días de almacenamiento. Los datos pH, CRA y EC son considerados normales para estos productos (Kotzekidou y Bloukas, 1996; Huang, 1997). El promedio del pH en los jamones fue de 6.04; mientras que en la CRA se observaron rangos de 36.00 a 46.28% y en EC de 1.64 a 2.18 kgf. Los jamones control mostraron un promedio de 6.06 en pH, 41.07% en CRA, y 1.85 kgf en EC. El pH es un indicador de acidez en los productos cárnicos y los valores de los jamones promedian 5.8 (Kotzekidou y Bloukas,

Cuadro 1. Efecto del almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de jamones elaborados con diferentes niveles de carne PSE^a

Color	Niveles de Carne PSE		
	0%	10%	20%
Día 1			
pH	5.87 ± 0.12	5.86 ± 0.12	5.90 ± 0.12
CRA ^b , %	44.32 ± 2.61	46.28 ± 2.61	43.11 ± 2.61
EC ^c , kgf	1.68 ± 0.22	2.00 ± 0.22	1.64 ± 0.22
Día 7			
pH	6.20 ± 0.12	6.06 ± 0.12	6.18 ± 0.12
CRA, %	40.23 ± 2.61	36.00 ± 2.61	42.16 ± 2.61
EC, kgf	1.97 ± 0.22	1.99 ± 0.22	1.90 ± 0.22
Día 14			
pH	6.13 ± 0.12	6.16 ± 0.12	6.08 ± 0.12
CRA, %	38.68 ± 2.34	39.86 ± 2.34	44.33 ± 2.34
EC, kgf	1.92 ± 0.20	1.98 ± 0.20	2.18 ± 0.20

^a Promedio ± error estándar. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos ni durante el almacenamiento.

^b Capacidad de retención de agua.

^c Esfuerzo de corte.

1996). A pesar de que la C-PSE suele tener valores de pH más bajos que los de la carne normal, los porcentajes de C-PSE utilizados en el presente estudio no fueron suficientemente altos para influir en el pH de los jamones. El esfuerzo de corte es una medición de la textura de los productos cárnicos que está relacionada con la blandura y consistencia de los mismos. Es conocido que la textura puede afectarse negativamente cuando se usa C-PSE en la formulación de jamones por tener ésta una consistencia suave y exudativa, sin embargo los niveles utilizados de C-PSE quizá no fueron lo suficientemente altos para presentar deterioro en la blandura de los jamones. Estos resultados indican que es posible utilizar hasta un 20% de carne con el defecto PSE en la elaboración de jamones tipo español sin afectar las características físico-químicas medidas.

Los valores de luminosidad (L^*) variaron de 53.49 a 63.21, los de intensidad de rojo (a^*) de 9.13 a 10.44 y los de intensidad de amarillo (b^*) de 9.98 a 12.84, mientras que los valores observados en los jamones normales fueron 58.12, 9.67, y 11.33 para las mismas características respectivamente. La C-PSE se caracteriza por tener una CRA baja debido a la desnaturalización parcial de sus proteínas por efecto de una caída rápida de pH, ocasionando

que los productos que se elaboren con esa carne liberen descontroladamente parte de su contenido acuoso. Afortunadamente este defecto no se apreció en los jamones del presente estudio. En los valores de color, aunque la luminosidad (L^*) fue similar entre tratamientos y durante el almacenamiento, mostró una tendencia a aumentar con el almacenamiento. Estos resultados se deben, probablemente, a que conforme pasaba el tiempo había mayor liberación de líquidos y la superficie exudada presentaba mayor luminosidad, ya que la desnaturalización de la proteína es mayor en la C-PSE, provocando una disminución en su capacidad de retener líquidos y por consecuencia incrementando el valor L^* (Offer y Kight, 1988). Los valores reportados en la intensidad del color rojo (a^*) coinciden con lo reportado por otros autores (Huang *et al.*, 1997), donde se presenta una tendencia a aumentar el valor a^* en los jamones con C-PSE; sin embargo, éstos fueron más bajos al promedio que reportan otras investigaciones (Wilson *et al.*, 1994) en jamones cocidos elaborados con carne con un pH ligeramente superior al de la carne del presente estudio. Con respecto a los valores de intensidad de amarillo (b^*), aunque los resultados fueron similares en las tres formulaciones, en el jamón que contenía 20% de carne PSE se

Cuadro 2. Efecto del almacenamiento sobre el color (L^* , a^* y b^*) de los jamones elaborados con diferentes niveles de carne PSE^a

Color	Niveles de Carne PSE		
	0%	10%	20%
Día 1			
L^*	53.49 ± 1.56	58.70 ± 1.56	58.80 ± 1.56
a^*	9.13 ± 0.55	10.44 ± 0.55	9.63 ± 0.55
b^*	9.98 ± 5.57	11.21 ± 5.57	10.34 ± 5.57
Día 7			
L^*	58.38 ± 1.56	59.48 ± 1.56	60.45 ± 1.56
a^*	10.03 ± 0.55	9.68 ± 0.55	9.50 ± 0.55
b^*	11.99 ± 5.57	12.59 ± 5.57	12.33 ± 5.57
Día 14			
L^*	62.51 ± 1.28	61.06 ± 1.28	63.21 ± 1.28
a^*	9.86 ± 0.46	9.83 ± 0.46	9.79 ± 0.46
b^*	12.03 ± 5.56	12.04 ± 5.56	12.84 ± 5.56

^a Promedio ± error estándar. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos ni durante el almacenamiento.

Cuadro 3. Efecto del almacenamiento sobre los valores de proteína y pérdida de peso por almacenamiento en los jamones elaborados con diferentes niveles de carne PSE^a

Color	Niveles de Carne PSE		
	0%	10%	20%
Día 1			
PT ^b , %	19.15 ± 1.19	19.27 ± 1.19	18.81 ± 1.19
PPA ^c , %	1.72 ± 0.31	1.47 ± 0.24	1.46 ± 0.46
Día 7			
PT, %	18.28 ± 1.19	18.32 ± 1.19	18.03 ± 1.19
PPA, %	1.32 ± 0.19	1.53 ± 0.19	1.89 ± 0.19
Día 14			
PT, %	20.84 ± 1.19	20.91 ± 1.19	20.59 ± 1.19
PPA, %	1.57 ± 0.19	1.43 ± 0.19	1.90 ± 0.19

^a Promedio ± error estándar. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos ni durante el almacenamiento.

^b Proteína total.

^c Pérdida de peso por almacenamiento.

observó una tendencia a ser más amarillento durante el almacenamiento, la cual pudiera deberse al efecto de incluir una mayor cantidad de carne PSE en la formulación de jamón, afectando este valor.

En el cuadro 3 se muestra el efecto del almacenamiento sobre los valores de proteína y pérdida de peso por almacenamiento. No se detectaron diferencias significativas en los jamones elaborados con diferentes niveles de C-

Cuadro 4. Efecto del almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de los jamones elaborados con carne PSE y ligador.

Característica	Jamón			
	SL ^a	0% PSE CL ^b	20% PSE SL	CL
Día 1				
pH	6.0 ± 0.03 ^c	6.1 ± 0.03 ^d	5.9 ± 0.03 ^e	5.9 ± 0.05 ^f
CRA ^g , %	42.20 ± 2.06 ^e	47.06 ± 2.06 ^e	42.02 ± 2.06 ^e	46.71 ± 2.35 ^e
EC ^h , kgf	2.40 ± 0.40 ^e	2.35 ± 0.40 ^e	2.70 ± 0.40 ^e	2.58 ± 0.41 ^e
Día 7				
pH	6.1 ± 0.02 ^c	6.1 ± 0.02 ^d	6.1 ± 0.02 ^e	6.1 ± 0.02 ^f
CRA, %	37.87 ± 2.06 ^e	43.12 ± 2.06 ^e	40.62 ± 2.06 ^e	43.78 ± 2.06 ^e
EC, kgf	2.62 ± 0.40 ^e	2.66 ± 0.40 ^e	2.77 ± 0.40 ^e	2.71 ± 0.40 ^e
Día 14				
pH	6.0 ± 0.02 ^c	5.9 ± 0.02 ^d	6.0 ± 0.03 ^e	6.0 ± 0.02 ^f
CRA, %	43.29 ± 2.06 ^e	44.87 ± 2.06 ^e	41.34 ± 2.06 ^e	47.18 ± 2.06 ^e
EC, kgf	2.51 ± 0.40 ^e	2.65 ± 0.40 ^e	2.35 ± 0.40 ^e	2.54 ± 0.40 ^e

^a SL=Jamón sin ligador.

^b CL=Jamón con ligador.

^{c, d, e, f} Promedio ± error estándar. Literales diferentes en el mismo renglón son diferentes ($P < 0.05$).

^g Capacidad de retención de agua.

^h Esfuerzo de corte.

PSE. Además, el promedio de proteína y pérdida de peso por almacenamiento fue de 19.35 y 1.58% respectivamente, y de 19.42 y 1.53% para los jamones normales. Los valores de proteína total observados en los jamones variaron entre 18 y 20%, coincidiendo con los reportados por otros autores (Huang *et al.*, 1997; Muller, 1993; Prabhu y Sebranek, 1997). En los resultados de pérdida de peso por almacenamiento, se mostró en el jamón con 20% de C-PSE una tendencia a aumentar mientras transcurrían los días, debido probablemente a la baja habilidad de la C-PSE por retener agua (Forrest *et al.*, 1979).

El efecto del almacenamiento sobre las características físico-químicas (pH, CRA, EC y color) de los jamones elaborados con C-PSE y ligador, se presenta en los cuadros 4 y 5. En los valores de pH se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre jamones y durante el almacenamiento. Los valores de pH en los diferentes jamones oscilaron entre 5.9 y 6.1, resultando ser similares a los observados en el experimento 1. No se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) para las variables CRA y EC entre jamones ni entre almacenamiento. La

CRA en el jamón con 20% de C-PSE sin ligador fue la más baja en relación con los demás jamones. La tendencia a registrar mayor CRA de los jamones con carrageninas indica que estos ingredientes mejoran la habilidad de las proteínas para retener agua (Huang *et al.*, 1997; Brewer, 1992), evitando las pérdidas de líquidos en el producto durante el proceso y el almacenamiento. Los resultados obtenidos en el EC indican que cuando se incorporó ligador en la fórmula existió una tendencia a obtener jamones con mejor consistencia, debido posiblemente al efecto de las carrageninas, las cuales incrementan el esfuerzo de corte (Foegeding y Ramsey, 1987).

En las características de color de los jamones, L^* varió de 50.21 a 64.08, a^* de 8.82 a 11.35 y b^* de 10.25 a 12.55, siendo los valores del control 57.15, 10.91 y 10.84 para las mismas características, respectivamente. Aunque no se encontraron diferencias significativas en color por la adición de C-PSE y ligador, los jamones con 20% de C-PSE presentaron una tendencia a ser más luminosos, menos rojos y más amarillentos que los jamones sin PSE, debido posiblemente a la mayor palidez de esa carne, mientras que el ligador no presentó va-

Cuadro 5. Efecto del almacenamiento sobre el color (L^* , a^* y b^*) en los jamones elaborados con carne PSE y ligador^a

Color	Jamón			
	0% PSE		20% PSE	
	SL ^b	CL ^c	SL	CL
Día 1				
L^*	57.38 ± 1.44	55.23 ± 1.44	57.08 ± 1.44	64.08 ± 2.00
a^*	11.09 ± 0.53	10.83 ± 0.53	10.53 ± 0.53	8.82 ± 0.75
b^*	11.13 ± 0.57	10.84 ± 0.57	12.55 ± 0.57	11.54 ± 0.74
Día 7				
L^*	57.15 ± 1.20	50.21 ± 1.20	57.21 ± 1.20	59.12 ± 1.20
a^*	10.37 ± 0.43	10.51 ± 0.43	11.35 ± 0.43	9.82 ± 0.43
b^*	11.00 ± 0.50	10.46 ± 0.50	12.05 ± 0.50	11.44 ± 0.50
Día 14				
L^*	56.94 ± 1.20	52.32 ± 1.20	58.64 ± 1.20	58.31 ± 1.20
a^*	11.27 ± 0.43	11.22 ± 0.43	10.82 ± 0.43	9.93 ± 0.43
b^*	10.39 ± 0.50	10.25 ± 0.50	11.68 ± 0.50	11.34 ± 0.50

^a Promedio ± error estándar. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos ni durante el almacenamiento.

^b SL=Jamón sin ligador.

^c CL=Jamón con ligador.

riaciones consistentes en esa propiedad. Todos los valores de color se encontraron dentro de los promedios reportados por otros autores (Wilson *et al.*, 1994; Chizzolini *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 1997).

En el cuadro 6 se presenta el efecto del almacenamiento sobre la composición química de los jamones elaborados con C-PSE y carrageninas como ligador. Fueron similares ($P > 0.05$) entre ellos, presentando promedios de 18.84% en proteína, 72.45% para humedad y 12.31% para cenizas. Por otro lado, los valores para los jamones normales fueron de 20.06% para proteína, 71.44% para humedad y 11.43% para cenizas. La humedad del jamón elaborado con 20% PSE y sin ligador presentó una tendencia a disminuir con el almacenamiento, lo cual pudiera deberse a la inhabilidad de la C-PSE de retener la humedad. Los resultados en el porcentaje de proteína, humedad y ceniza no presentaron efecto significativo por la presencia de C-PSE y ligador, y concuerdan con los reportados por otros autores (Kotzekidou y Bloukas, 1996; Chizzolini *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 1997; Monin, 1997).

Los porcentajes de pérdidas generadas en la elaboración y durante el almacenamiento de los jamones donde se incluyó C-PSE y ligador se especifican en el cuadro 7. El jamón con 20% PSE y ligador presentó la menor pérdida después del masajeo, con 5.75%, mientras que el jamón con 20% PSE sin ligador fue el que tuvo la mayor pérdida, con 9.19%. En lo que respecta a la pérdida de peso después del cocimiento, el jamón con 20% ligador tuvo la menor pérdida, con 0.64%; el jamón con 20% C-PSE sin ligador reportó 1.51%, y el jamón normal con ligador presentó pérdidas de 1.57%. En lo referente a la pérdida de peso durante el almacenamiento, el jamón con 20% PSE con ligador tuvo la menor pérdida, presentando durante el almacenamiento 0, 1.40 y 1.19% en los días 1, 7 y 14 de almacenamiento, respectivamente. Por otro lado, el jamón con 20% PSE, sin ligador, presentó la mayor pérdida, con valores de 1.29, 1.68 y 2.12% para los mismos tiempos de almacenamiento. En general, el jamón con 20% PSE con ligador fue el que presentó la menor pérdida total, con 8.98%, mientras que el jamón con 20% PSE sin ligador presentó la mayor pér-

Cuadro 6. Efecto del almacenamiento sobre la composición química de los jamones elaborados con carne PSE y ligador^a

Característica	Jamón			
	0% PSE		20% PSE	
	SL ^b	CL ^c	SL	CL
Día 1				
PT ^d , %	19.46 ± 1.22	18.88 ± 1.22	17.71 ± 1.22	18.16 ± 1.22
Humedad, %	72.09 ± 1.36	72.02 ± 1.36	75.95 ± 1.36	72.96 ± 1.36
Cenizas, %	11.56 ± 1.13	12.91 ± 1.13	11.31 ± 1.13	12.81 ± 1.13
Día 7				
PT ^d , %	20.36 ± 1.22	18.36 ± 1.22	17.49 ± 1.22	19.14 ± 1.22
Humedad, %	71.48 ± 1.36	70.43 ± 1.36	74.96 ± 1.36	71.70 ± 1.36
Cenizas, %	11.31 ± 1.13	13.00 ± 1.13	13.11 ± 1.13	11.70 ± 1.13
Día 14				
PT ^d , %	20.36 ± 1.22	18.91 ± 1.22	17.69 ± 1.22	19.67 ± 1.22
Humedad, %	70.77 ± 1.36	73.76 ± 1.36	71.42 ± 1.36	71.88 ± 1.36
Cenizas, %	11.42 ± 1.13	13.63 ± 1.13	12.23 ± 1.13	12.75 ± 1.13

^a Promedio ± error estándar. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos ni durante el almacenamiento.

^b SL=Jamón sin ligador.

^c CL=Jamón con ligador.

Cuadro 7. Pérdidas generadas en la elaboración y durante el almacenamiento de los jamones.

Pérdidas (%)	Jamón			
	0% PSE		20% PSE	
	SL ^a	CL ^b	SL	CL
Masajeo	7.77	9.83	9.19	5.75
Cocimiento	0.79	1.57	1.51	0.64
Almacenamiento				
Día 1	0.94	0.78	1.29	0.0
7	0.91	1.18	1.68	1.40
14	1.05	0.60	2.12	1.19
Total	11.46	13.96	15.79	8.98

^a SL= jamón sin ligador.

^b CL= jamón con ligador.

dida, con 15.79%. El total de merma observada en el jamón control fue de 11.46%.

Las pérdidas generadas en el masajeo se pueden atribuir a que el método de masajeo se llevó a cabo sin vacío, mientras que el llenado de los moldes fue manual, lo que pudo haber propiciado mayores pérdidas de producto, mismas que a nivel industrial podrían ser evitadas.

En lo que respecta a las pérdidas generadas durante la elaboración y el almacenamiento de los jamones después de su cocimiento, el jamón con 20% PSE con ligador fue el que presentó menos pérdidas. Esto se debe quizás al efecto que tuvo el ligador en la fórmula, ya que, debido a la capacidad que tiene de retener la humedad, puede reducir las pérdidas en el producto durante el cocimiento y el almacenamiento. Por otra parte, el jamón con 20% PSE sin ligador presentó más del doble de pérdidas que el jamón con 20% PSE con ligador. Estos valores concuerdan con los observados por otros autores (Kauffman, 1978; Van der Wal, 1988; Chizzolini *et al.*, 1996; Huang, 1997), quienes reportaron que la carne con características PSE expone más formación de exudado y mayores pérdidas con el cocimiento.

Conclusiones

El uso de la C-PSE en la elaboración de jamones tipo español no afecta significativamente las propiedades físico-químicas del producto. Además, la adición de carrageninas en la formulación de jamones con 20% de C-PSE puede mejorar en un 45% las pérdidas por cocimiento y en un 40% las pérdidas en el almacenamiento.

Literatura citada

- Anónimo. 1994. La carragenina, el maravilloso ingrediente. *Alimentos procesados*. Publicación de Cahners. U.S.A. p. 62.
- AOAC. 1992. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
- BOAKYE, K. and G.S. Mittal. 1993. Changes in pH and Water Holding Properties of *L. dorsi* Muscle During Beef Ageing. *Meat Sci.* 1993; 34:335.
- BRAUER, H. 1992. Cómo impedir la formación de poros en jamones cocidos. *Fleischwirtsch.* Español 2:26-28.
- BREWER, M.S., F.K. McKeith and K. Britt, K. 1992. Fat, soy and carrageenan effects on sensory and physical characteristics of ground beef patties. *J. Food Sci.* 57:1051-1054.
- CHIZZOLINI, R., E. Novelli, G. Campanini, G. Dazzi, G. Madarena, E. Zanardi, M.T. Pacchioli and A. Rossi, A. 1996. Lean colour of green and matured parma hams: Comparative evaluation and technological relevance of sensory and objective data. *Meat Sci.* 44:159-162.
- FOEGEDING, E.A. and S.R. Ramsey. 1987. Rheological and water-holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xanthan gum. *J. Food Sci.* 2:549-552.
- FORREST, J.C., E.D. Aberle, H.B. Hedrick, M.D. Judge and R.A. Merkel. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. Ed. Acribia. España. 350 pp.
- FORTIN, A. and W.R. Raymond. 1987. The use of electronic grading probes for the objective assessment of PSE and DFD in pork carcasses. *Meat Sci.* 21:159-164.
- GRAU, R. and R. Hamm. 1953. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Mukel. *Naturwissenschaften.* 40:29.
- HOSTLETER, R. and S. Ritchey. 1964. Effect of coring methods on shear values determined by Warner-Blatzler shear. *J. Food Sci.* 1964; 29:681.
- HUANG, C., W.B. Mikel, and W.R. Jones. 1997. Carrageenan influences on the characteristics on restructured normal and pale, soft and exudative hams. *J. Muscle Foods.* 1997; 8:85-89.

- KAUFFMAN, R.G, D. Waccholz, D. Henderson and J.V. Lochner. 1978. Shrinkage of PSE, normal and PSE hams during transit and processing. *J. Anim. Sci.* 46:1236-1239.
- KOTZEKIDOU, P. and J.G. Bloukas. 1996. Effect of protective cultures and packaging film permeability on shelf-life of sliced vacuum-packed cooked ham. *Meat Sci.* 42:333-336.
- MONIN, G., P. Marinova, A. Talmant, J.F. Martin, M. Cornet, D. Lanore and F. Grasso. 1997. Chemical and structural changes in dry-cured Hams (bayonne hams) during processing and effects of the dehairing technique. *Meat Sci.* 47:29-32.
- MULLER, W.: 1993. Influencia de la tecnología de elaboración sobre los productos curados cocidos. *Fleischwirtsch.* Español 1:39-42.
- OFFER, G. and P. Kight. 1988. The structure basis of water holding in meat, en: *Development in Meat Science-4*. Lawrie R. Elsevier Applied Sci. Publishers, Barking Essex. p.63.
- PRABHU, G.A. and J.G. Sebranek. 1997. Quality characteristics of formulated with modified corn starch and kappa-carrageenan. *J. Food Sci.* 62:198-202.
- SAS: 1992. User's Guide Statistics. Versión 5. SAS Institute, Cary, N. C. USA.
- SCHWAGELE, F., F.K. Lucke and K.O. Honikel. 1992. Posibles vías para lograr el mejoramiento de la calidad de la carne. *Fleischwirtsch.* Español. 2:45.
- STEEL, R.G.D. and J.H. Torrie. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. McGraw Hill. México. 320 pp.
- TOPEL, D.G., J.A. Miller, P.J. Berger, R.E. Rust, J.R. Parrish and K. Ono. 1976. Palatability and visual acceptance of dark, normal and pale colored porcine *m. Longissimus*. *J. Food Sci.* 41:628-633.
- VAN DER WAL, P.G., A.H. Bolink and G.S.M. Merkus. 1988. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Sci.* 24:79-84.
- WILSON, V.L., R. Dickson and Z. Holmes. 1994. Quality characteristics of fully-cooked ham, brine-cured prior to freezing. *J. Muscle Foods.* 5:77-80.
- WIRTH, F.: 1985. Embutido escaldado: fijación de agua, fijación de grasa y formación de la estructura. *Fleischwirtsch.* Español 2:4-6.
- WOLTERS DORF, W. and K. Troeger. 1990. Mejoramiento de la calidad de la carne PSE de cerdo mediante refrigeración extra rápida. *Fleischwirtsch.* Español 1:37-40.

Recibido: Febrero 21, 2006/Aceptado: Agosto 10, 2006 

Evaluación de riesgo de intoxicación por plomo en la zona urbana aledaña a una fundidora en Chihuahua, México

Risk assessment in an old lead smelter complex in Chihuahua, México

MARGARITA ORNELAS HICKS,¹ LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE,^{2,3} FERNANDO DÍAZ-BARRIGA,⁴
SANDRA ALICIA REZA LÓPEZ¹ E ISABELLE ROMIEU²

Facultad de Enfermería y Nutriología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Avenida Politécnico Nacional #2714, Colonia Quintas del Sol, Chihuahua, Chih., México, 31250, teléfono y fax (614) 430 0075, 430 0498, e-mail: saninluz@yahoo.ca. Proyecto Sivilla-CONACYT No. 19980402024.

Resumen

El objetivo fue evaluar el riesgo de intoxicación con plomo en tres estratos (E1, E2 y E3) urbanos cercanos a una industria que operó por alrededor de 90 años. En cada estrato se seleccionó una muestra aleatoria de madres en edad reproductiva así como de sus hijos con edades entre 1-5 años. Se obtuvieron muestras de sangre capilar de madres e hijos y se analizaron por voltametría. En cada vivienda muestreada se tomaron muestras de suelo, pintura, polvo y agua para su análisis por voltametría anódica. En forma adicional, se seleccionaron escuelas preescolares, y se obtuvieron muestras de sangre de niños menores de 6 años. Los modelos predictivos se realizaron mediante regresión lineal simple y regresión múltiple. La evaluación se ejecutó con la metodología de evaluación de riesgo de la EPA (Environmental Protection Agency). De un total de 324 niños examinados, el rango de valores de plomo en sangre osciló entre 2.8-50.2 µg/dL con una media geométrica de 11.4 µg/dL ($s \pm 8.2$), el 32% > 10 µg/dL, 4% > 25 µg/dL, 1% > 45 µg/dL. Se encontró una zona de alto riesgo en E1 y de mediano riesgo en E2 (75% y 40% de niños con > 10 µg/dL; norma SSA). Las concentraciones de plomo presentaron una relación inversa con la distancia. Las muestras de suelo superficial mostraron un rango de 100 a > 9,000 ppm. Los valores de plomo en madres se encontraron dentro de la norma. Los predictores de plomo en niños se relacionaron con la exposición a suelo, el cual aporta más del 90% como fuente de exposición. Se concluye que existe una contaminación residual en la zona aledaña a la fundidora, la cual debe remediarse antes de seguir realizando actividades recreativas y culturales.

Palabras clave: Plomo, evaluación de riesgo, niños, contaminación residual, fundidora.

Abstract

The objective of this work was to present a risk assessment (according to Environmental Protection Agency-EPA) of the residual lead intoxication risk, 10 years after the closure of one of the world's largest smelter complex, which operated nearly 90 years in this zone. Area was stratified in function of the distance from the smelter. In each of the three defined strata, a random sample of mothers in reproductive age and their children between ages 1 and 5 was selected; capillary blood samples were taken from the mother-child pairs, and were analyzed through voltammetry using a portable apparatus (lead care) with strict quality control. In each of the sampled households, soil, paint, dust and water samples were taken for later analysis through anodic voltammetry. Schools from each stratum were selected as well, and in each of them capillary blood samples from children under age 6, as well as environmental samples corresponding to each school, were taken. To evaluate the predictors of lead levels in the blood of mothers and children analyses were performed through simple and multiple linear regression. In 324 children examined the blood lead level ranged from 2.8 to 50.2 µg/dL with a geometric mean of 11.4 (SD 8.2) µg/dL and 40% of the children had values > 10 µg/dL, 20% > 20 µg/dL. Mothers' lead concentration mean was 5.22 µg/dL (SD 3.36). Lead concentration in blood showed an inverse relation to the distance from the smelter. The analyzed superficial soil samples showed a range of 100 to > 9000 ppm. The predictors of lead in children, obtained by Multiple Linear Regression, were related to exposure to soil (98% of the total dose). Residual pollution exists and must be remediated before cultural and recreational activities or new urban areas be carried out in the zone.

Keywords: Lead, risk assessment, children, residual pollution, smelter.

¹ Laboratorio Regional de Salud Pública. Servicios Estatales de Salud. Estado de Chihuahua.

² Facultad de Enfermería y Nutriología (FEN), Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

³ Instituto Nacional de Salud Pública de México.

⁴ Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Introducción

El plomo es considerado como uno de los elementos más tóxicos. Los efectos deletéreos de este elemento en niños como en adultos han sido ampliamente demostrados (Bellinger *et al.*, 1987; Bellinger *et al.*, 1990; Bellinger *et al.*, 1991; McMichael *et al.*, 1988; Needleman *et al.*, 1990; Baghurst *et al.*, 1992; Muñoz *et al.*, 1993; Rosen, 1995; McConell *et al.*, 1995; Sanín *et al.*, 1998; Hernández *et al.*, 1997).

A la fecha, es posible predecir con cierta certeza el tipo de lesión de acuerdo a la concentración de plomo encontrada en sangre completa. Con la sofisticación de las técnicas de medición es viable encontrar efectos en la salud a niveles cada vez más bajos, e incluso por debajo de lo establecido por la norma (Sanín *et al.*, 2001). Esto es grave, si se considera que este elemento puede almacenarse en los huesos, constituyendo una fuente secundaria, especialmente en el caso de las mujeres (Sanín *et al.*, 1998; Popovic *et al.*, 2005) quienes pueden transmitirlo a sus hijos durante el embarazo (Goyer, 1990; Hernández *et al.*, 1996; Gulson *et al.*, 1997) y la lactancia (Gulson *et al.*, 1998; Janakiraman *et al.*, 2003; Dorea, 2004). Al plomo se le ha asociado con el deterioro del sistema inmunológico y con retrasos en el desarrollo, así como en una reducción del coeficiente intelectual (EPA, 1992; Lanohear, 2005).

Por otro lado, las emisiones antropogénicas de plomo hacia el aire son la causa más importante de contaminación y representan por lo menos unas 20 veces más que las emisiones naturales (Corey y Galvao, 1989). Una de las principales fuentes antropogénicas documentadas que contaminan el ambiente es la fundición primaria y secundaria del plomo (Díaz-Barriga *et al.*, 1997). El plomo emitido a la atmósfera, primero forma parte de las partículas suspendidas y representa una fuente inmediata de exposición a través de la inhalación. Después, se sedimenta en el suelo, donde es una fuente de exposición a largo plazo (Wang *et al.*, 1997), especialmente peligroso para poblaciones de alto riesgo, como los niños de uno a cinco años. Un suelo cercano a una industria puede alcanzar niveles de hasta 60,000 ppm, en comparación con las concentraciones de plomo en suelo de una zona alejada de la actividad humana,

que sería semejante a la concentración natural en la corteza o en las rocas, que va de 5 a 25 ppm (< 50 ppm) (McConell *et al.*, 1995; Corey y Galvao, 1989). En un estudio de la Universidad de Cincinnati en 1995 para evaluar zonas cercanas a fundidoras en México se reportaron mediciones de plomo con una media de 277 ppm (Benin *et al.*, 1999).

México es considerado como uno de los grandes productores de plomo; junto con la República de Perú produce alrededor del 14% de la producción mundial. En México destaca el estado de Chihuahua, que en el año 2003 ocupó el primer lugar en producción de plomo, con un 48% del total producido en México y un volumen de producción anual de 54,807 toneladas (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2004). La planta metalúrgica fundidora Ávalos se estableció al sureste de la ciudad de Chihuahua, iniciando actividades en el año 1908. En la década de los años cincuenta del siglo pasado llegó a ser considerada como una de las empresas de mayor importancia en América Latina, y posteriormente a nivel mundial, en razón de su alta productividad. En los últimos años de operación, (cerró en 1993) producía alrededor de 250 toneladas diarias de plomo. La hipótesis fue que considerables cantidades de plomo fueron depositadas después de 90 años de actividad y que en consecuencia se debería de considerar a la zona como de alto riesgo. A la fecha no se conocen datos de evaluación del riesgo durante el tiempo de operación ni información después del cierre que permitan predecir la potencial exposición de la población al plomo. El objetivo fue evaluar el riesgo por exposición a plomo en mujeres en edad reproductiva, así como en niños de 1 a 5 años de edad, en la zona aledaña a la fundidora de Ávalos en Chihuahua, México. Un segundo objetivo fue identificar los

factores ambientales y nutricios que determinan sus niveles de plomo en la sangre.

Materiales y métodos

Se realizó una estratificación de la zona, basada en el marco muestral del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1995). La estratificación consideró la distancia a la chimenea de la fundidora y se establecieron tres estratos: de 600 a 1200 m (E1), de 1200 a 1800 m (E2) y de 1800 a 2400 m (E3). Este esquema permitió la comparación con estudios previos (Landrigan *et al.*, 1975). El proceso se llevó a cabo en tres etapas. En la primera se realizó un muestreo probabilístico, calculando el tamaño de muestra sobre la base de un muestreo piloto, con un máximo de confiabilidad del 95%, un error relativo del 15% y un poder de prueba mayor del 90%. El tamaño de la muestra en esta primera etapa fue de 45 viviendas para la toma de muestras ambientales y biológicas en mujeres y sus hijos. La selección se realizó bajo un muestreo aleatorio estratificado con asignación proporcional al tamaño del estrato. Para el proceso de selección de las viviendas de cada estrato se realizó un muestreo sistemático con arranque aleatorio. Las muestras ambientales recolectadas en cada vivienda fueron: agua del grifo, pintura interior, polvo intradomiciliario, suelo superficial del patio y frente de la vivienda; y las muestras biológicas fueron de sangre capilar de la madre y del hijo. En la segunda etapa del muestreo se seleccionaron cuatro escuelas preescolares, donde se tomaron muestras biológicas, así como las ambientales correspondientes. En la tercera

etapa se tomaron muestras de suelo superficial en sitios de recreación frecuentados por la comunidad.

La toma de muestras de sangre capilar se realizó en lugares cerrados. En el área de punción se realizó asepsia y antisepsia con agua, jabón y alcohol isopropílico al 70%. La determinación de los niveles de plomo sanguíneo se realizó por voltimetría, utilizando el sistema de comprobación de plomo en la sangre (sistema Lead Care), con estricto control de calidad. El resultado se expresó en $\mu\text{g/dL}$.

Para la toma de muestras ambientales se consideró el procedimiento descrito por Carreón *et al.* (1995). Se tomaron muestras de suelo superficial, polvo residencial y pintura. Para la recolección de las muestras de agua en el interior de las viviendas, la zona se dividió según la fuente de abastecimiento de la red municipal, la cual incluyó dos pozos. La determinación del plomo se llevó a cabo por voltimetría anódica, con el instrumento electroquímico PaceScan. Este método es específico para plomo y libre de interferencias por otros metales (Pace Environs).

Los datos se procesaron por estrato y en forma separada para cada fase de muestreo. Se aplicó la metodología de la EPA para evaluar la contribución de cada medio, por estrato, y para cada grupo (mujeres y niños) (EPA, 1992). Se empleó la metodología propuesta por la ATSDR (1993) para calificar la zona. Se usó el modelo IUEBK de la EPA para corroborar los hallazgos.

Con el propósito de establecer los predictores de los niveles de plomo tanto en

Cuadro 1. Concentraciones de plomo en sangre y muestras ambientales según estrato (viviendas). Ávalos, Chihuahua.

	Pb sanguíneo en madres $\mu\text{g/dL}$	Pb sanguíneo en niños $\mu\text{g/dL}$	Suelo ppm	Polvo $\mu\text{g/mtra}$	Pintura mg/Kg	Agua $\mu\text{g/L}$
Estrato I	5.2	16.6	2113	87.7	1968	< 2
Estrato II	6.3	8.9	225	71	1009	<2
Estrato III	4.3	7.7	205	30	390	<2

Estrato I: 600 - 12000 m de la chimenea de la fundidora.
 Estrato II : 1200 - 1800 m de la chimenea de la fundidora.
 Estrato III: 1800 - 2400 m de la chimenea de la fundidora.
 $\mu\text{g/dL}$ Microgramos por decilitro.
 $\mu\text{g/ mtra}$ Microgramos por muestra.
 mg/ mtra Miligramos por kilogramo.

sangre materna como de los niños, se realizó análisis univariado, bivariado y multivariado mediante regresión lineal simple y múltiple. El cuestionario de consumo de calcio se transformó a índice de consumo de calcio en mg/día de acuerdo a la técnica estandarizada para población mexicana (Hernández *et al.*, 1997; Lacasaña *et al.*, 1996; Lacasaña *et al.*, 2000), incluyéndose en el modelo como alimento en porciones (cuartiles) y como índice. El plomo mostró una distribución asimétrica, por lo cual fue normalizado mediante transformación logarítmica para su análisis. Para los modelos de regresión lineal múltiple se identificaron todas aquellas variables predictoras de los niveles de plomo en sangre en el análisis bivariado bajo los criterios de plausibilidad biológica, significancia a $p > 0.05$, así como el coeficiente de determinación; se continuó el modelaje hasta obtener el modelo más parsimonioso, cuyo ajuste se evaluó por análisis de residuales. El análisis se realizó con el paquete *STATA 5.0* para *Windows* (Stata Corporation, 1993) e *IUEBK* de la EPA (EPA, 1992).

monioso, cuyo ajuste se evaluó por análisis de residuales. El análisis se realizó con el paquete *STATA 5.0* para *Windows* (Stata Corporation, 1993) e *IUEBK* de la EPA (EPA, 1992).

Resultados

Se examinó a un total de 324 niños, cuyos valores de plomo en sangre oscilaron entre 2.8-50.2 $\mu\text{g/dL}$, con una media geométrica de 9.7 $\mu\text{g/dL}$ ($s \pm 6.7$), el 32% $> 10 \mu\text{g/dL}$, 4% $> 25 \mu\text{g/dL}$, 1% $> 45 \mu\text{g/dL}$. En niños se encontró una media geométrica de 16.6 $\mu\text{g/dL}$ ($s \pm 11.7$, $IC_{95\%}$ 15.2-18.0) rango de 8.6 a 34 $\mu\text{g/dL}$ para E1. Para el E2 fue de 8.9 $\mu\text{g/dL}$ ($s \pm 5.1$, $IC_{95\%}$ 8.0-9.8) rango 3.7-25.5 $\mu\text{g/dL}$, mientras que para el E3 se detectó una media de 7.7 $\mu\text{g/dL}$ ($s \pm 4.0$, $IC_{95\%}$ 6.9-8.5) rango 3.0-22.9 $\mu\text{g/dL}$. La media global de plomo materno fue de 5.2 $\mu\text{g/dL}$ ($s \pm 3.4$) (cuadros 1 y 2).

Cuadro 2. Resultados de las mediciones de plomo en suelo en escuelas y plomo sanguíneo en niños de 1 a 5 años (casa y jardín), por estrato. Ávalos, Chihuahua.

	Suelo ppm	Concentraciones de Pb en sangre ($\mu\text{g/dL}$) y porcentajes en niños 1-5 años	
		Vivienda (muestreo)	Jardín Pre-escolar
Estrato I (600 - 1200 m) $n = 94$	742	$\bar{x} = 16.6$ rango (8.6 - 34.0) 75% > 10 25% > 15 25% > 20	$\bar{x} = 14.0$ rango (3.6 - 50.2) 56% > 10 31% > 15 19% > 20
Estrato II (1200 - 1800 m) $n = 124$	379	$\bar{x} = 8.9$ rango (3.7 - 25.5) 37% > 10 5% > 15 5% > 20	$\bar{x} = 8.3$ rango (3.9 - 24.5) 31% > 10 8% > 15 2% > 20
Estrato III (1800 - 2400 m) $n = 106$	202	$\bar{x} = 7.7$ rango (3.0 - 22.9) 14 % > 10 5% > 15 5% > 20	$\bar{x} = 7.2$ rango (2.8 - 24.8) 15% > 10 1% > 15 1% > 20
TOTAL $N = 324$	663 Rango 50 - 9555	—	$\bar{x} = 9.7$ $s = 6.7$ rango (2.8 - 50.2) 34 % ≥ 10 14 % ≥ 15 8 % ≥ 20

$\mu\text{g/dL}$ Microgramos por decilitro.
ppm Partes por millón.

De las muestras ambientales, sólo el suelo rebasó los criterios de riesgo para zonas de alto contacto con niños (400 ppm), con una media aritmética en las tres etapas de muestreo de 663 ppm ($s \pm 1,551$), rango 50-9,555 ppm (cuadros 1 y 2). La evaluación de la dosis de exposición tanto en niños como en mujeres evidenció que el suelo aporta el 98% de la dosis total de ingesta de plomo en los tres estratos. En el cuadro 3 se presentan los resultados para E1. En cuanto a la caracterización del riesgo, en E1 existe un riesgo de daño neurológico para los niños teniendo como vía de exposición el suelo.

Los predictores de los niveles de plomo en sangre capilar de los niños fueron la ubicación del kinder, comer tierra y el tipo de piso de la vivienda. El uso de aire acondicionado, el consumo de requesón y el traslado en camión se encontraron asociados inversamente a los niveles de plomo en sangre capilar ($R^2=32.37\%$). En cuanto a los niveles de plomo en sangre capilar en las mujeres (cuadro 5), éstos fueron determinados por la ocupación (empleadas de la industria maquiladora) y la lactancia actual. Los factores asociados inversamente a los niveles de plomo en sangre fueron la ingesta de suplementos de calcio y el consumo de atún ($R^2=50.69\%$).

Respecto a los resultados de la etapa en la cual se muestrearon 10 sitios estratégicos (casas, escuela, cancha de fútbol), se encontraron dos muestras dentro de la norma; no obstante, las demás fueron elevadas. El rango fue de 212 a 9,555 ppm, este último se detectó en el suelo del frente de una de las casas, en la cual se encontró a un menor con valor de plomo en sangre de 49.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$.

La caracterización del riesgo mostró niveles por encima de la norma con riesgo de daño neurológico en E1, donde, extrapolando según los datos del INEGI, se esperaría que una cohorte creciente de 170 niños por año presente daño neurológico.

Discusión

Este es el primer estudio que se realiza en una zona donde estuvo la que fue en un tiempo una de las fundidoras de plomo más grandes del mundo. Ni en los casi 90 años de funcionamiento ni en los largos años después del cierre se realizó una investigación del sitio que evaluara el riesgo potencial de exposición para humanos, especialmente en poblaciones de alta susceptibilidad como niños menores de 5 años y mujeres en edad reproductiva.

La metodología de evaluación de riesgo que se llevó en este trabajo (EPA, 1992; Samet *et al.*, 1998; Hertz-Piccioto, 1995) constituye actualmente la mejor herramienta para evaluar el daño potencial de un contaminante para la población humana. Esta metodología cobra mayor valor en la medida en la cual estudios previos con calidad metodológica hayan logrado demostrar la relación causa-efecto entre dicho contaminante y efectos adversos en la salud. Este estudio se enriqueció con la metodología de la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR, 1993), con el fin de asignar una calificación que ubique, desde el punto de vista de salud pública, la necesidad de intervenir o no con medidas de remedio.

Además de ser el primer estudio en visualizar el problema de forma global, se hizo en una muestra representativa de la población, lo cual permite inferir el riesgo para la población

Cuadro 3. Evaluación de riesgo en niños del estrato I (600 m – 1200m) y contribución proporcional de cada medio. Escenario medio y máximo. Ávalos, Chihuahua.

Medio	Concentración promedio*	Contribución relativa (%)	Concentración máxima*	Contribución relativa (%)
Suelo superficial	435×10^{-4}	98.3	1433×10^{-4}	98.1
Polvo residencial	1.653×10^{-4}	0.4	3.743×10^{-4}	0.3
Pintura	5.02×10^{-4}	1.1	22.50×10^{-4}	1.5
Agua	0.857×10^{-4}	0.2	2.14×10^{-4}	0.1
Total	442.53×10^{-4}	100	1461.38×10^{-4}	100

* $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{día}$.

de la zona y estimar un aproximado en números absolutos de los niños con niveles de plomo por arriba de 10 µg/dL (NOM, 1999).

No sólo se hizo la evaluación de riesgo tradicional que permite estimar la dosis posible que está ingresando al organismo y localizar el medio que ofrece mayor riesgo, sino que además se tomó el nivel de plomo en sangre y pudo comprobarse la predicción. Esto se contrastó además con el modelo biocinético diseñado por la EPA para zonas aledañas a fundidoras. Los resultados sugieren que el suelo aporta el 98% de la dosis de exposición total de plomo, encontrándose para el primer estrato un riesgo de daño neurológico para los niños. Este es un hallazgo notable que contrasta con lo encontrado en otros estudios (Landrigan *et al.*, 1975; Kimbrough *et al.*, 1995) que han trabajado en zonas donde la emisión de partículas de plomo es activa y han demostrado que la ruta principal del contaminante es a partir de los medios aire y polvo, aunque siempre se recomienda realizar una evaluación de la exposición en el sitio (Benin *et al.* 1999). Se aprecia que en la medida en que no hay emisiones activas, el medio de contaminación residual es suelo cuya biodisponibilidad se aprecia al observar los predictores encontrados en el modelo multivariado, asociados todos con actividades relacionadas con exposición al suelo, en los niños, que son quienes están en contacto con el

suelo por sus actividades lúdicas. Estudios como los de Mielke HW (Mielke *et al.*, 1997; Mielke *et al.*, 1998), Díaz-Barriga F (Díaz-Barriga *et al.*, 1997), Jin A (Jin *et al.*, 1997) y Lin Z (Lin *et al.* 1998), han mostrado consistentemente que la exposición a plomo en el suelo tiene efectos en los niveles de plomo en sangre. Esto adquiere mayor relevancia si tomamos en cuenta que el 85% de las casas en esta zona tienen patios de tierra y el 63% de las calles de la zona se encuentran sin pavimento. Los puntos de mayor importancia por las concentraciones de plomo en el suelo, y determinantes en la evaluación, fueron las áreas de recreación de la zona, ubicadas en el estrato I como son canchas de fútbol y parques infantiles.

Las dosis de exposición y las concentraciones de plomo en sangre encontradas fueron consistentes con las predichas al aplicar el modelo Biocinético de Exposición Integral al Plomo (IEUBK) diseñado por la EPA. Este modelo predictivo es aplicado en otros estudios como un procedimiento validado en la comunidad científica (Wang *et al.*, 1997). Con esta técnica y de acuerdo a los datos del INEGI 1995, se estima que más de 500 niños entre 1 a 5 años de la zona tienen niveles de plomo en sangre superiores al límite marcado por la norma emergente y, del primer estrato, 170 niños (IC_{95%} 156-183) enfrentan entonces y actualmente un riesgo severo de daño neurológico, más grave

Cuadro 4. Modelo de Regresión Lineal Múltiple para los niveles de plomo en sangre en niños.*
Ávalos, Chihuahua.

Variable	β	E.E.	IC _{95%}
Asistir al Jardín del estrato ¹	0.466	0.049	0.368 a 0.563
Comer tierra ²	0.392	0.082	0.230 a 0.553
Piso de tierra o cemento ³	0.158	0.048	0.064 a 0.251
Usar camión para transportarse ⁴	- 0.212	0.051	- 0.312 a -0.112
Tener aire acondicionado ⁵	- 0.147	0.051	- 0.247 a -0.046
Consumo de queso fresco ⁶	- 0.108	0.044	- 0.194 a -0.021
Constante	1.952	0.052	1.850 a 2.054

* Transformación Logarítmica; resultados expresados en µg/dL.

IC_{95%} = Intervalo de Confianza para el 95%.

E.E. = Error Estándar.

β = Coeficiente de Regresión.

R² = 32.37%.

n = 301.

¹ Ref. Asistir a Jardín en otro estrato.

² Ref. No comer tierra.

³ Ref. Tener piso recubierto.

⁴ Ref. Transportarse caminando.

⁵ Ref. No tener aire acondicionado (ventilador o nada).

⁶ Cuartil superior en relación a los demás.

aún si pensamos que esto se ha venido repitiendo quizá con mayor gravedad, generación tras generación, desde hace más de 90 años, y continúa.

Del estrato I al estrato II, un incremento en el plomo del suelo a 400 ppm como base genera un aumento del 38% en los niños con niveles superiores a 10 mg/dL; Lanphear BP (Lanphear *et al.*, 2005) encontró un aumento de 11.6%.

El hecho de tener pisos de tierra, así como el hábito de pica, complementan el grupo de variables asociadas positivamente con los niveles de plomo en sangre. Dada la información recabada en este grupo, pudieron obtenerse además variables protectoras como el hecho de transportarse en camión, tener aire acondicionado y comer requesón o queso fresco, como una proximidad de la ingesta de calcio, lo cual ha sido documentado en otros estudios (Hernández *et al.*, 1997; Lacasaña *et al.*, 1996; Lacasaña *et al.*, 2000; Mahaffey, 1990) Todas estas variables en conjunto explican el 32% de la variabilidad de plomo en sangre.

El modelo para las mujeres en edad reproductiva es bastante interesante (cuadro 5). Aunque la media de plomo en ellas estuvo por debajo de 10 µg/dL, el modelo es muy diferente al de los niños, ya que el suelo o lo relacionado con él no se muestra como predictor, pero el hecho de que mujeres lactando tuvieran concentraciones del doble de la media, a pesar de tener una *n* pequeña, nos hacen pensar en movilización de depósitos (Sanín *et al.*, 1998); la

variable se mantuvo como predictora hasta el modelo final. Las mujeres trabajadoras de la industria maquiladora (*n*=12) tuvieron una marcada diferencia hacia los valores altos frente a las demás, y de igual manera se mantuvo en el modelo final. Por otra parte, el consumo de atún enlatado y de suplementos con calcio tuvo una relación inversamente proporcional, concordante con los hallazgos de otros investigadores (McConnell *et al.*, 1995; Hernández *et al.*, 1997; Lacasaña *et al.*, 1996; Lacasaña *et al.*, 2000; Mahaffey, 1990; Ballew y Bowman, 2001). Esta relación no pudo evidenciarse al construir el índice de calcio, tal vez debido a problemas de mala clasificación o adaptación del cuestionario en cuanto a los hábitos alimenticios en la región. Llamam notoriamente la atención los resultados sobre el uso de loza de barro vidriada; estos fueron discordantes con hallazgos de otros investigadores (Lara *et al.*, 1989; Rothemberg *et al.*, 1990; Rothemberg *et al.*, 1993; Hernández *et al.*, 1991; Rojas *et al.*, 1994; Romieu *et al.*, 1994; Chaudhray-Webb *et al.*, 2003), quienes reportaron el uso de loza de barro vidriada como uno de los principales determinantes del nivel de plomo en sangre en el centro y sur del país. A la fecha estos resultados no se han reportado en la zona norte de México, donde el uso de la cerámica de barro vidriada no es un factor cultural característico como en el resto del país. En un estudio realizado por Rauda *et al.*, en Ciudad Juárez, Chih, se encontró que menos del 10% de las familias usan

Cuadro 5. Modelo de Regresión Lineal Múltiple para los niveles de plomo en sangre en madres.*
Ávalos, Chihuahua.

Variable	β	E.E.	IC _{95%}
Lactancia actual	0.5099	0.8632	0.01510 - 0.8687
Ocupación en la ind. maquiladora ¹	0.4004	0.0863	0.2255 - 0.5753
Toma suplementos de calcio ²	-0.3828	0.1155	-0.6168 - -0.1487
Consume atún enlatado ³	-0.2387	0.0818	-0.4045 - -0.0729
Constante	1.5553	0.0724	1.4086 - 1.7020

* Transformación logarítmica y los resultados son expresados en µg/dl.

IC = Intervalo de confianza.

E.E. = Error estándar.

β = Coeficiente de regresión.

R² = 50.69%.

¹ Ref. Otra ocupación o ama de casa.

² Ref. No toma.

³ Ref. Cuartel mas alto contrastado con el resto.

este tipo de loza (Rauda *et al.*, 2000). Por otro lado, al igual que en otros estudios, no se encontró diferencia alguna en cuanto al sexo. La edad no fue parte del conjunto de variables predictivas en los niños, sin embargo, en la edad de 3 a 4 años se presentaron los niveles más altos en contraste con los demás, debido probablemente a las actividades propias de la edad; esto mismo es reportado por Elhelu MA (Elhelu *et al.*, 1995).

En cuanto a las limitaciones del estudio, consideramos que no hubo sesgo de selección, puesto que no hubo pérdidas, se obtuvo una participación del 100%.

En el caso de existir sesgo de información, éste sería no diferencial. En cuanto a confusión, se contemplaron todos los posibles predictores de los niveles de plomo en sangre identificados en innumerables estudios (Lara *et al.*, 1989; Rothemberg *et al.*, 1990; Rothemberg *et al.*, 1993; Hernández *et al.*, 1991; Rojas *et al.*, 1994; Romieu *et al.*, 1994; Chaudhray-Webb *et al.*, 2003). No todas las vías probables de exposición al plomo fueron medidas en el estudio por no ser relevantes; por ejemplo, no fue medido el plomo en el aire porque la fundidora se encontraba sin actividad desde hacía varios años; por otro lado, si bien el plomo tampoco fue medido en la dieta, esta vía no se considera asociada a niveles altos de plomo en sangre (Rojas *et al.*, 1994).

Una reducción en la fuente de exposición ambiental a plomo resulta en una disminución sustancial en la media de los niveles de plomo en sangre, como ha sido demostrado (Maisonet *et al.*, 1997; Rothenberg y Rothenberg, 2005); asimismo, mediante el modelo IEUBK se predice que al disminuir la carga de plomo en el suelo a 300 ppm, los niveles de plomo disminuyen 75%.

El estudio presenta una información crucial, con validez científica, para desarrollar medidas de intervención tomando en cuenta las áreas de mayor contaminación. Se concluye por lo tanto que es imperante y necesaria la remediación del suelo en pro de la salud pública de la zona y la aplicación de otras medidas complementarias que deberán estudiarse (Huang *et al.*, 1997).

Agradecimientos


A todas las madres, niños y maestras de la zona de Ávalos que desinteresadamente y con el mejor espíritu hicieron posible este trabajo. A las autoridades universitarias, a todos aquellos trabajadores que le dieron vida a Ávalos y a todos aquellos que retomen estos datos con el fin de corregir una situación de riesgo a la salud pública que se ha prolongado innecesariamente.

Literatura citada

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): 1993. *Toxicological Profile for Lead*. US. Department of Health and Human Services, Atlanta.
- BAGHURST, O., A.J. McMichael, N.R. Wigg, G.V. Vimpani, E.F. Robertson, R.J. Robert, R.J. *et al.* 1992. Environmental exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years. *N. Engl. J. Med.* 327:1279-84.
- BALLEW, C. and B. Bowman. 2001. Recommending calcium to reduce lead toxicity in children: A critical review. *Nutrition Rev.* 59 (3):71-79.
- BELLINGER, D., A. Leviton, C. Wateraux, H. Needleman and M. Rabinowits. 1987. Longitudinal analysis of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development. *N. Engl. J. Med.* 316:1037-43.
- BELLINGER, D., A. Leviton and J. Sloman. 1990. Antecedents and correlates of improved cognitive performance in children exposed *in utero* to low levels of lead. *Environ. Health Perspect.* 89:5-11.
- BELLINGER, D., A. Leviton, M. Rabinowitz, E. Allred, H. Needleman and S. Schoenbaum. 1991. Weight gain and maturity in fetuses exposed to low levels of lead. *Environ. Res.* 54:151-158.
- BENIN, A.L., J.D. Sargent, M. Dalton and S. Roda. 1999. High concentrations of heavy metals in neighborhoods near ore smelters in Northern Mexico. *Environ. Health Perspect.* 107:279-284.
- CARRIÓN, V.T., C.L. López, I. Romieu, ECO, OPS, OMS: 1995. Manual de Procedimientos en la Toma de Muestras Biológicas y Ambientales para Determinar Niveles de Plomo. Metepec Estado de México. México.
- CHAUDHRAY-WEBB, M., D.C. Paschal, I. Romieu, B. Ting, C. Elliot, H. Hopkins, L.H. Sanín and M.A. Ghazi. 2003. Determining lead sources in Mexico using the lead isotope-ratio. *Salud Pública*. México. 45 Suppl 2:S183-8.
- COREY, O.G. y L.A.C. Galvao, 1989. *Plomo Serie de Vigilancia 8*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud.
- DÍAZ-BARRIGA F., L. Batres, J. Calderón, A. Lugo, L. Galvao, I. Lara, P. Rizo, M.E. Arroyave and R. McConnell. 1997. The El Paso smelter 20 years later: Residual impact on Mexican children. *Environ. Res.* 74.
- DOREA, J.G.: 2004. Mercury and lead during breastfeeding. *British J. Nutrition.* 92:21-40.
- ELHELU, M.A., D.T. Caldwell and W.D. Hirpassa. 1995. Lead in inner-city soil and its possible contribution to

- children's blood lead. *Archiv. of Environ. Health*. 50:165-168.
- Gobierno del Estado de Chihuahua: 2004. Informe de Gobierno.
- GOYER, R.A.: 1990. Transplacental transport of lead. *Environ. Health Perspect*. 89:101-105.
- GULSON, B.L., C.W. Jameson, K.R. Mahaffey, K.J. Mizon, M.J. Korsh and G. Vimpani: 1997. Pregnancy increases mobilization of lead from maternal skeleton. *J. Clin. Lab. Med.* 130:51-62.
- GULSON, B.L., K.R. Mahaffey, C.W. Jameson, K.J. Mizon, M.J. Korsch, M.A. Cameron and J.A. Eisman. 1998. Mobilization of lead from the skeleton during the postnatal period is larger than during pregnancy. *J. Clin. Lab. Med.* 131:324-9.
- HERNÁNDEZ, A.M., I. Romieu, C. Ríos, A. Riveroy E. Palazuelos. 1991. La cerámica vidriada con plomo como determinante importante de los niveles de plomo en sangre en mujeres mexicanas. *Environ. Health Perspect*. 94:117-120.
- HERNÁNDEZ, A.M., C.T. Gonzalez, E. Palazuelos, I. Romieu, A. Aro, E. Fishbein, K.E. Peterson., and H. Hu. 1996. Dietary and environmental determinants of blood and bone lead levels in lactating postpartum women living in Mexico City. *Environ. Health Perspect*. 104:1076-1082.
- HERNÁNDEZ, M., L.H. Sanín, I. Romieu, E. Palazuelos, T. Conyer, G. Olaiz, R. Rojas and J. Navarrete. 1997. Higher milk intake during pregnancy is associated with lower maternal and umbilical cord lead levels in postpartum women. *Environ. Res.* 914: 45:05.
- HERTZ-PICCIOTO, I.: 1995. Epidemiology and quantitative risk assessment: A bridge from science to policy". *Am. J. Public Health*. 85:484-491.
- HUANG, J.W., J. Chen, W.R. Berti and S.D. Cunningham. 1997. Phytoremediation of lead-contaminated soils: Role of synthetic chelates in lead phytoextraction". *Environ. Sci. Technol.* 31:800-805.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 1996.
- JIN, A., K. Teschke and R. Copes. 1997. The relationship of lead in soil to lead in blood and implications for standard setting". *Sci. Total Environ.* 208(1-2):23-40.
- JANAKIRAMAN, V., A. Ettinger, A. Mercado-García, H. Hu and M. Hernández. 2003. Calcium supplements and bone resorption in pregnancy. A randomized crossover trial. *Am J Prev Med.* 24(3):260-264.
- KIMBROUGH, R., M. Levois and D. Webbs. 1995. Survey of lead exposure around a closed lead smelter". *Pediatrics.* 95:550-554.
- LACASAÑA, N.M., I. Romieu, L.H. Sanín, R.E. Palazuelos y A.M. Hernández. 1996. Consumo de calcio y plomo en sangre de mujeres en edad reproductiva. *Rev. Invest. Clin.* 48:425-30.
- LACASAÑA, M., I. Romieu, L.H. Sanín *et al.* 2000. Blood lead levels and calcium intake in Mexico City children under five years of age. *Int. J. Environ. Health Res.* 331-340.
- LANDRIGAN, P.J., S.H. Gehlbach, B.F. Rosenblum, J.M. Shoultz, R.M. Candelaria, W.F. Barthel *et al.* 1975. Epidemic lead absorption near an ore smelter. *N. Engl. J. Med.* 292:123-129.
- LANPHEAR, B.P., R. Hornung, J. Khoury, K. Yolton, P. Baghurst, D.C. Bellinger *et al.* 2005. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: An international pooled analysis. *Environ. Health Perspect.* 113 (7): 894-899.
- LARA, F.E., C.J. Alagón, J.L. Bobadilla, P.B. Hernández y B.A. Ciscomanim. 1989. Factores asociados a los niveles de plomo en sangre en residentes de la Ciudad de México. *Salud Pública.* México. 31:625-633.
- LIN, Z., Harsbok, M. Ahlgren and U. Qvarfort. 1998. The source and date of Pb in contaminated soils at the urban area of falun in Central Sweden. *Sci. Total Environ.* 209 (1):47-58.
- MAHAFFEY, K.R.: 1990. Environmental lead toxicity: Nutrition as a component of intervention. *Environ. Health Perspect.* 89:75-78.
- MAISONNET, M., F.J. Bove and W.E. Kaye. 1997. A case-control study to determine risk factors for elevated blood lead levels in children, Idaho. *Toxicol. Ind. Health.* 13(1):67-72.
- MCCONELL, R., I. Romieu y A.M. Hernández. 1995. Intoxicación por plomo: de la detección a la prevención primaria. *Salud Publica.* México. 37:264-274.
- McMICHAEL, A.J., P.A. Baghurst, N.R. Wigg, G.V. Vimpani, E.F. Robertson and R.J. Roberts. 1988. Port Pirie cohort study: Environmental exposure to lead and children's abilities at the age of four years. *N. Engl. J. Med.* 319: 468-475.
- MIELKE, H.W., D. Dugas, P.W. Mielke, Jr., K.S. Snith and C.R. Gonzáles. 1997. Association between soil lead and childhood blood lead in urban New Orleans and rural La Fourche Parish of Louisiana. *Environ. Health Perspect.* 105:950-954.
- MIELKE, H.W. and P.L. Reagan. 1998. Soil is an important pathway of human lead exposure. *Environ. Health Perspect.* 106(1):217-22.
- MUÑOZ, H., I. Romieu, E. Palazuelos, S.T. Mancilla, G.F. Meneses and A.M. Hernández. 1993. Blood lead level and neurobehavioral development among children living in Mexico City. *Archiv. Environ. Health.* 48:132-138.
- NEEDLEMAN, H.L., A. Schell, D. Bellinger, A. Leviton and E. Allred. 1990. The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood. *N. Engl. J. Med.* 322:83-88.
- Norma Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-000-SSA1-1999.
- Pace Environs, Inc.: PaceScan 3000 TM Operator. Manual instructions for using the PaceScan System for quantitative analysis of lead in paint, dust, soil and drinking water.
- POPOVIC, M., F.E. McNeill, F.E., D.R. Chettle, C.E. Webber, V. Lee and W. Kaye. 2005. Impact of occupational exposure on lead levels in women. *Environ. Health Perspect.* 113(4): 478-484.
- RAUDA, L., L.H. Sanín, M. Hernández-Ávila *et al.* 2000. Niveles de plomo en el binomio madre-hijo, veinticinco años después de Anapra. *Border Health.*
- ROJAS, L.M., B.C. Santos, C. Ríos, A.M. Hernández and I. Romieu. 1994. Use of lead glazed ceramics is the main factor associated to high lead in blood levels in two mexican rural communities. *J. Toxicol. Environ. Health.* 42:42-52.

- ROMIEU, I., E. Palazuelos, A.M. Hernández, C. Ríos, I. Muñoz, C. Jiménez and G. Cahero. 1994. Sources of lead exposure in Mexico City. *Environ. Health Perspect.* 102.
- ROSEN, J.F.: 1995. Adverse health effects of lead at low exposure levels: trends in the management of childhood lead poisoning. *Toxicology.* 97:11-17.
- ROTHEMBERG, S.J., G.I.A. Pérez, H.E. Perroni, A.L. Schnaas, O.S. Casino, C.D. Suro, O.J. Flores y S. Karchmer. 1990. Fuentes de plomo en embarazadas de la Cuenca de México. *Salud Pública.* México. 32:632-643.
- ROTHEMBERG, S.J., L.A. Schnaasn, G.I. Pérez, C.R. Hernández, M.S. Martínez y H.E. Perroni. 1993. Factores relacionados con el nivel de plomo en sangre en niños de 6 a 30 meses de edad en el Estudio prospectivo de plomo en la Ciudad de México. *Salud Pública.* México. 35:592-598.
- ROTHEMBERG, S.J. and J.C. Rothemberg. 2005. Testing the dose-response specification in epidemiology: Public health and policy consequences for lead. *Environ. Health Perspect.* 113:1190-1195.
- SAMET, J.M., R. Schnatter and H. Gibb. 1998. "Invited commentary: Epidemiology and risk assessment". *Am. J. Epid.* 148:929-936.
- SANÍN, L.H., T. González-Cossío, I. Romieu y M. Hernández-Ávila. 1998. Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *Salud Pública.* México. 40:359-368.
- SANÍN, L.H., T. González-Cossío, I. Romieu *et al.* 2001. Effect of maternal lead burden on infant weight and weight gain at one month of age among breast-fed infants. *Pediatrics.* 107(5):1016-1023.
- Stata Corporation: 1993. *Stata Reference Manual.* 6th ed. College Station, TX.
- US-EPA: 1992. *Risk assessment.* Office of Research and Development. Washington. EPA/600/M-91/0-34.
- WANG, Y., I. Thornton and M. Farango. 1997. Changes in lead concentrations in the home environment in Birmingham. England over the periods 1984-1996. *Sci. Total Environ.* 207:149-156.

Recibido: Marzo 3, 2006/Aceptado: Agosto 11, 2006 

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

Analysis of deforested areas in the north central region of the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ,¹ ALFREDO PINEDO ÁLVAREZ,²
REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ¹ Y MARTÍN MARTÍNEZ SALVADOR³

Resumen

La creciente demanda de productos y satisfactores de origen maderable requiere de información actualizada respecto a la condición y posibles cambios en uso del suelo y vegetación. Las imágenes del satélite LANDSAT TM representan una herramienta importante para generar mapas que identifiquen y detallen la extensión del disturbio de las áreas asociadas con la actividad forestal. El objetivo fue cuantificar el grado de deforestación en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental en Chihuahua, México. Dos fueron los objetivos específicos: el primero fue examinar las relaciones de datos espectrales del sensor LANDSAT-TM5 y TM7 para detectar cambios en la masa forestal; el segundo fue identificar los cambios de cubierta forestal a través de un análisis de componentes principales. A partir de una composición de imágenes se generó otra imagen clasificada por el método no supervisado con los mismos tipos de cubierta para ambos períodos. Además se realizó un análisis de componentes principales para detectar cambios espaciales y temporales. La comparación de imágenes clasificadas representó una buena opción para identificar cambios en la cobertura forestal. De 88,842 ha reportadas por el Inventario Nacional Forestal como áreas deforestadas, 35.2 % (31,275 has.) fue sobreestimado comparado con los resultados de este estudio. Las tasas de deforestación anual fluctuaron entre 1.9% en Basogachi y 2.7 % en San Juanito. Los mapas generados mostraron la presencia de grandes superficies deforestadas con cambios drásticos que ocurrieron en un tiempo relativamente corto.

Palabras clave: Deforestación, cambio de uso de suelo, clasificación multiespectral, LANDSAT-TM.

Abstract

The natural resources are under constant use, with an ever increasing demand of its products and needs, therefore it is a must to count with updated information on the conditions and possible changes in soil and vegetation due to their utilization in forest areas. The satellite images turn out to be important tools for generating maps that detail the degraded areas associated with timber activities. The general objective of this study was to quantify the current deforestation in the central region of the mountain formation range on the state of Chihuahua, Mexico, in relation with the deforestation rates reported by the National Forest Inventory in the year 2000. There were two specific objectives: one, to examine the relation of the spectral data the LANDSAT-TM5 and LANDSAT-TM7 sensor from different years, with the aerial cover data to detect changes in the forest stands; and the second, to detect changes in the forest cover through the analysis of the main components. Information obtained from LANDSAT TM5 and TM7 of 1993 and 2003 bands respectively was used to carry this out from a spatial and temporal point of view analysis of the deforested areas. The main component analysis was used to detect space and temporal changes. A visual analysis of the first three components was used in the quantitative analysis. The temporal comparison of the classified images represents a good alternative to identify changes in the forest cover. From about 88,842 ha of deforested areas reported by the National Forest Inventory in the year 2000, 35.2% (31,275 ha) of them were overestimated as showed by this study. The annual deforestation rates range from 1.9 to 2.7% in Basogachi and San Juanito, respectively. The obtained polygons from timbered areas are big, with rapid changes in the soil and vegetation use. In most cases these changes are severe and occur in a relatively short period of time.

Keywords: Deforestation, changes, multiespectral classification, LANDSAT-TM.

Introducción

La demanda creciente de productos maderables de los bosques templados y fríos ha ocasionado diferentes grados de disturbio. En el caso particular del macizo forestal de Chihuahua, debido a su alto grado de explotación, se debe considerar como prioritario prevenir las consecuencias de la deforestación y otros impactos ambientales al ecosistema forestal.

Los reportes de las tasas de deforestación anual en México varían en un rango que va de 370,000 ha (SARH, 1994) hasta 1.5 millones de ha (Masera *et al.*, 1992). Por otro lado, la Dirección del Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2002) reportó tasas de deforestación de 769,000 ha anuales; de este total 76,000 ha corresponden a los bosques templados de Chihuahua. Bajo estas condiciones, es necesario disponer de información actualizada acerca del estado de salud del ecosistema forestal, con énfasis en los posibles cambios en usos del suelo. Esto es imprescindible para disponer de información real y confiable que permita una mejor planeación y administración de los recursos forestales bajo un esquema de uso sustentable.

Las imágenes de satélite surgen como una herramienta importante para manejar, planear y evaluar los recursos naturales (Buiten, 1993). Su integración a los sistemas de información geográfica permite beneficios en la obtención de información que incluye el análisis a detalle de pequeñas áreas, así como de grandes extensiones de terreno con una precisión razonable (Everitt *et al.*, 2006), una reducción de los costos de operación y minimizando el tiempo requerido para el proceso de la información (Weber, 2005). El objetivo fue cuantificar el grado de deforestación en la región central del macizo montañoso del estado de Chihuahua, México, y compararlo con las tasas de deforestación reportadas por el Inventario Nacional Forestal del año 2000. Además se tuvieron dos objetivos específicos: el primero fue examinar las relaciones de los datos

espectrales del sensor LANDSAT-TM5 y TM7 de diferentes años con datos de cobertura aérea para detectar cambios en la masa forestal, y un segundo objetivo fue detectar cambios en la cubierta forestal a través del Análisis de Componentes Principales (ACP).

Materiales y métodos

Se seleccionó la región central del macizo montañoso de la región conocida como la Alta Tarahumara, debido a que es una de las regiones con un grado mayor de deforestación, de acuerdo con los criterios establecidos por el Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2002). Los polígonos estudiados se ubican en las regiones Hidrológicas 09 Sonora sur y 24 Bravo Río Conchos, que comprenden parte de los municipios de Guerrero, Bocoyna y Maguarichi. Geográficamente comprende un grado cuadrado entre los 107–108° longitud oeste y 27–28° latitud norte. Los principales criterios considerados para la selección de los polígonos fueron su extensión y localización dentro de las cuencas mencionadas. Para el análisis espacial y temporal de las áreas deforestadas se procesaron las bandas de LANDSAT TM5 del año 1993 y de LANDSAT TM7 del 2003. Para los detalles de localización se tomaron puntos de control terrestre (PCT) registrados mediante un Sistema de Posicionamiento Global tipo Maguellan de la línea Tracker. El apoyo complementario cartográfico se realizó con cartas topográficas del INEGI (1984), en escala 1:50,000. Para el procesamiento de polígonos, imágenes de satélite y manejo de sistemas de información geográfica se utilizaron los progra-

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

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

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

mas ERDAS v. 7.4, IDRISI32 y ARCVIEW 3.2. Los datos fueron procesados en el Laboratorio de Sistemas de Información Espacial (LASIE) de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Con el propósito de realizar un correcto análisis de los recursos forestales, fue necesario relacionar la información cartográfica, fotográfica o rasgos del terreno con la imagen de satélite; esto hizo necesario la identidad geométrica de la imagen. Para el proceso de corrección geométrica de las escenas multitemporales se utilizaron 60 puntos de control, considerando un umbral máximo de error de localización de 15 m para cada imagen (RMSError= 0.5). Para el cálculo de las funciones de transformación se utilizó una polinomial de primer orden. El método de remuestreo utilizado fue el del vecino más cercano (*nearest neighbor*). Para equiparar la resolución espacial del sensor LANDSAT TM5 (25 m) con la resolución de LANDSAT TM7 (30 m) fue necesario ajustar los valores de las coordenadas en X y en Y. Esto permitió la sobreposición adecuada de cada polígono para un correcto análisis multitemporal en las dos escenas de satélite, haciendo coincidir los puntos vistos en la imagen de LANDSAT-TM5 y LANDSAT-TM7. El error cuadrático medio final (RMSError) obtenido fue de 0.73, el cual fue considerado adecuado para los propósitos del presente estudio.

Las bandas espectrales de los satélites LANDSAT 5 TM de 1993 y LANDSAT 7 TM del 2003 fueron clasificadas en forma independiente para aproximarse lo más posible a las imágenes clasificadas del Inventario Nacional Forestal del 2000. Para lo anterior se exploraron combinaciones de bandas hasta lograr definir la mejor composición en falso color en base a la discriminación de las principales clases y/o tipos de cubierta mostradas en las clases del Inventario Nacional Forestal del 2000.

El mapeo preliminar fue fundamental para obtener la clasificación no supervisada, la cual se utilizó como base para corroborar, o en su defecto precisar, las clases obtenidas a partir del Inventario Nacional Forestal. También se definieron las clases y/o tipos de cubierta me-

dante este método y se procedió a utilizar una clasificación más fina para el análisis multitemporal. Este análisis se basó en métodos supervisados requiriendo una colecta más grande de áreas de entrenamiento, para finalmente utilizar como algoritmo de clasificación la técnica de máxima probabilidad gaussiana. Una vez obtenidos los diferentes tipos de uso del suelo provenientes de la imagen clasificada, se procedió a calcular la tasa de deforestación utilizando la siguiente ecuación:

$$t = 1 - (S_2 / S_1)^{1/n}$$

Donde:

t = Tasa de deforestación (%).

S₁ = Superficie forestal en fecha 1.

S₂ = Superficie forestal en fecha 2.

n = Numero de años.

Para el método de clasificación multiespectral se aplicó una combinación híbrida utilizando los métodos supervisado y no supervisado. Para la obtención de las estadísticas por el método supervisado se utilizó un total de 119 y 126 clases espectrales en la imagen. En la obtención de estadísticas de la clasificación no supervisada se utilizó un total de 6 grupos por imagen. El número máximo de clases fue de 18, con un umbral de convergencia de 0.95 y un total de 15 interacciones. Para medir la distancia entre píxeles se utilizó el criterio de distancia euclidiana, mientras que para el proceso de agrupamiento se empleó el algoritmo ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) del programa ERDAS *Image* v. 7.4. Se empleó la ecuación de divergencia transformada como indicador de separabilidad en todas las clasificaciones y se aplicó el algoritmo de máxima verosimilitud como método de reconocimiento de patrones espectrales. Un análisis final involucró el uso de análisis de componentes principales. Para ello se determinaron los eigenvalores y eigenvectores de las bandas 2, 3, 4, 5 y 7 de LANDSAT TM5 de 1993 y las mismas bandas de LANDSAT TM7 del 2003, usando una matriz de correlación. Además del análisis cuantitativo se realizó un análisis visual de los primeros tres componentes procesados y analizados en el programa IDRISI *Kilimanjaro*.

Resultados y discusión

Los mapas base fueron generados por la combinación de las bandas 3, 4 y 5 de LANDSAT TM5 de 1993 y LANDSAT TM7 del 2003 bajo el proceso de composición en falso color, debido a que mostraron su capacidad para identificar los disturbios principalmente por efecto de los incendios y aprovechamientos no controlados. Además fueron útiles para discriminar los principales tipos de cubierta en la región bajo estudio. Se generaron mapas temáticos para las imágenes clasificadas en la región de estudio.

Los tipos de cubierta se clasificaron en las siguientes categorías: bosque de pino, bosque de pino encino, bosque de encino pino, agricultura de riego, agricultura de temporal, bosques de transición y pastizal natural. Los datos de la escena de 1993 mostraron cómo el polígono REYGUA1993 permanece intacto en cuanto a su condición forestal; no obstante, después de 10 años, el mismo polígono mostró en forma clara los efectos de aprovechamientos no controlados que representan el proceso de deforestación. La precisión total de los mapas clasificados fue de 92.7%.

En otro estudio, Prieto (2002) utilizó datos de LANDSAT TM para clasificar la vegetación en la región de Babícora, Chihuahua, México, encontrando que la combinación de las bandas 1 en el canal azul, 4 en el canal verde y 7 en el canal rojo discriminó seis tipos de cubierta con una precisión total de 70.8%. Sin embargo, las escenas utilizadas fueron adquiridas en la estación de verano, cuando se favorece el crecimiento de los estratos bajos debido al creci-

miento de plantas y zacates. En contraparte, las escenas utilizadas en este estudio correspondieron a la época de sequía, con la ventaja de captar información de la vegetación siempre verde representada principalmente por el estrato de pino-encino y evitando los efectos de confusión que presenta el estrato bajo.

Los resultados de deforestación obtenidos a partir de clasificaciones independientes, con diferencia de 10 años entre unos y otros, reportaron tasas variables de deforestación de 1.9% en Basogachi y de 2.7% para San Juanito, respectivamente. El cuadro 1 muestra la dinámica de cambio del uso del suelo, donde se observa cómo en el polígono MAG9550, la clase de áreas forestales presenta una deforestación aproximada de 1,745 ha, lo que representa el 18.8% de la superficie de las áreas forestales existentes en 1993. Esta tendencia en la principal asociación vegetal del área involucra un cambio de un 424.4% (1,535.3 ha) hacia las áreas no forestales, pasando de 361.7 ha en 1993 a 1,897 ha en el 2003. Las tasas de deforestación anual estimadas pueden deberse a la ocurrencia de incendios, así como a los altos índices de aprovechamientos no controlados ocurridos principalmente durante la década de los años 90. Resultados similares obtenidos por Luc Decroix *et al.*, (1992) son descritos por Francois (1999), que en su revisión encontró que, en la cobertura vegetal en la Sierra Madre Occidental, más del 11% de la superficie perdió de manera ligera o fuerte una parte de su densidad vegetal durante un período de 20 años. Estos investigadores destacaron que tres cuartas par-

Cuadro 1. Dinámica de cambio de uso de suelo para la región de Basogachi en un periodo de 10 años.

	1993	2003	Diferencia	Diferencia
Clases	(ha)	(ha)	(ha)	%
Áreas forestales	9423.8	7649.5	-1744.3	-18.8
Áreas de transición	1561.1	1736.6	175.5	11.10
Áreas no forestales	361.7	1897.0	1535.3	424.4

Cuadro 2. Dinámica de cambios de las superficies del uso del suelo entre 1993 y el año 2003.

	1993	2003	Diferencia	Diferencia
Clases	(ha)	(ha)	(ha)	%
Áreas forestales	2723.5	2135.5	-588.0	-21.58
Áreas de transición	216.0	341.0	125.0	158.0
Áreas no forestales	197	625.0	428.0	317

tes del bosque cerrado se degradaron a la categoría de bosque abierto y una tercera parte de los pastizales se degradaron a la categoría de sin vegetación. Otro estudio realizado en selvas tropicales (Mas, 1997) en base al análisis de imágenes de satélite de 1974, 1986 y 1991, determinó los cambios de la cobertura forestal de la región de la Laguna de Términos, en Campeche, México. Los resultados mostraron que las tasas de deforestación de las selvas se estimaron en 2.2% por año. Sin embargo, como las imágenes fueron tomadas en épocas de quemas, este investigador señaló que las tasas de deforestación podrían alcanzar hasta el 4.8% por año. En una serie de datos derivados de dos escenas de satélite de 1974 y 1996, Ochoa (2001) estimó tasas de deforestación de 2.3 y 2.9% para Huistán y Chanal, en las tierras altas de Chiapas, México. Este estudio sugirió que la prevalescencia de condiciones pobres de suelos, así como el incremento de la pobreza y la ausencia de alternativas económicas para los habitantes de la zona, mantendrán altas tasas de deforestación y fragmentación en la región estudiada.

La figura 1 presenta las superficies afectadas por los diferentes tipos de conversión de uso del suelo. En el período evaluado, las 1,745 ha de superficie forestal degradadas (SFD) se transformaron en áreas de uso no forestal (ANF). El 11.6% de áreas de transición representadas por masas de pino piñonero, encinos y matorral de manzanitas (175 ha) se transformaron en áreas no forestales, debido a la extracción de madera para combustible, tierras de agricultura de temporal, pastoreo y otros usos no forestales.

De la comparación de imágenes clasificadas, el cuadro 2 presenta las transiciones ocurridas entre las dos fechas estudiadas. Es evidente que para la principal asociación vegetal del área de estudio (bosque de pino) se registró un 21.58% de cambio negativo con respecto a su cobertura original. La sucesión más significativa (317%) fue el cambio a áreas no forestales. La tasa anual de cambios presentados en la región de San Juanito (2.15%) fue ligeramente superior a la presentada en la región de Basogachi. Estos resultados posible-

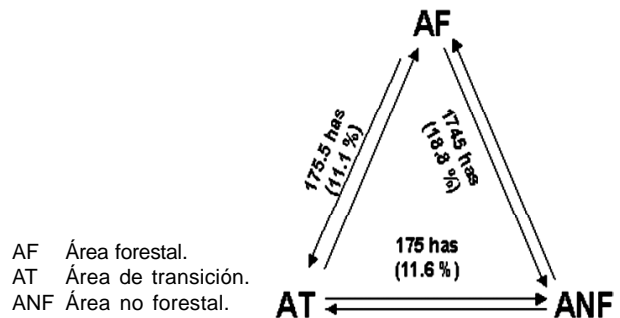


Figura 1. Tendencia de cambio de uso de suelo debido a procesos de deforestación en la región de Basogachi, Chihuahua, México.

mente se deban a la densidad de población presente en la primera región, además de las vías de comunicación y condiciones pobres del suelo. Estos datos y sus factores concuerdan con los reportados por Ochoa (2001).

La figura 2 muestra cómo el área forestal, representada en la imagen de 1993 con el gris más tenue, tendió a disminuir en su extensión en comparación a la imagen del año 2003 (figura 3). Inversamente, las áreas no forestales (representadas en gris intermedio) tendieron a aumentar, mostrando una mayor distribución por todo el polígono. De esta manera, las áreas no forestales se comportaron de una manera agresiva, poblando aquellas zonas descubiertas de vegetación forestal, debido a los procesos naturales de transición. Es posible que estos factores propicien un cambio en la estructura de las comunidades vegetales fragmentando el hábitat de los bosques (Grenlee, 1993). Además, las áreas despobladas son ocupadas generalmente por tipos de vegetación arbustivas, pastizales y tierras abiertas a los cultivos. Generalmente éstos últimos son los que fragmentan más los ecosistemas naturales modificando el hábitat.

El análisis espectral en base a sobreposición de vectores poligonales mostró algunas de las clases espectralmente confundidas a partir del Inventario Nacional Forestal del 2002, principalmente en bosque de encino-pino, bosques de pino-encino, pastizales nativos y tierras de cultivos de temporal. Con respecto a la cuantificación preliminar de deforestación en base a un Sistema de Información Geográfica (SIG), los polígonos vectoriales fueron sobrepuestos en las imágenes clasificadas de LANDSAT TM7

con el fin de observar los cambios en el uso del suelo. Un análisis de dos polígonos evaluados mostró que de las 44,000 ha reportadas como deforestadas, sólo 17,500 ha fueron convertidas a uso no forestal durante el período de 1993 al 2003, lo cual representa aproximadamente el 40% de la superficie total estimada por el Inventario Nacional Forestal (INF) del 2000. El mayor porcentaje de transformación corresponde a los cambios de bosques de transición y chaparrales a pastizales, y de éstos a tierras de cultivo agrícola y de temporal. La figura 4 muestra cómo el polígono vector del INF del 2000 se ubica en áreas de bosque de encino, áreas de matorral-chaparral y pastizal, estableciendo frontera con las áreas agrícolas. El potencial de aprovechamiento forestal es bajo, por lo que el nivel de deforestación reportado en el INF del 2000 podría estar enfocado a la vegetación de transición, impactada por actividades de extracción de madera como combustible debido al corredor de poblados a través de la cuenca y el uso de tutores para cercados y fruticultura debido al creciente número de huertas en la zona.

El cuadro 3 presenta los valores de correlación de las bandas de LANDSAT TM7 del 2003. Se observa cómo la banda 4 muestra la relación más baja entre las bandas. En cambio, el análisis de correlación de las bandas de LANDSAT TM5 de 1993 reportado en el cuadro 4 muestra cómo la banda 5 presenta los valores de correlación más bajos entre las bandas evaluadas. Estos últimos valores coinciden con los reportados por Pinedo (1998), no obstante que DeGloria (1984) reportó correlaciones altas entre todas las bandas de LANDSAT TM, de tal manera que la respuesta espectral podría haber sido evaluada con cualquiera de ellas.

Los componentes derivados del ACP y reportados en el cuadro 4 muestran cómo para los años 1993 y 2003 el componente 1 concentra los porcentajes más altos de variación (91.43% y 94.74% respectivamente), lo cual sugiere el dominio de la vegetación de pináceas expresado visualmente en las imágenes componentes resultantes. En cambio, los altos valores mostrados por los eigenvalores de las bandas visibles de 1993 y presentes en las mismas bandas del año 2003 confirman el domi-

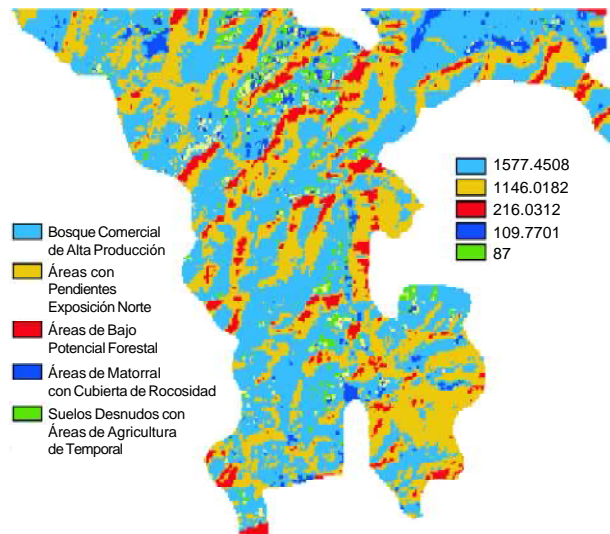


Figura 2. Clases de condición forestal en la escena de LANDSAT-TM del año 1993.

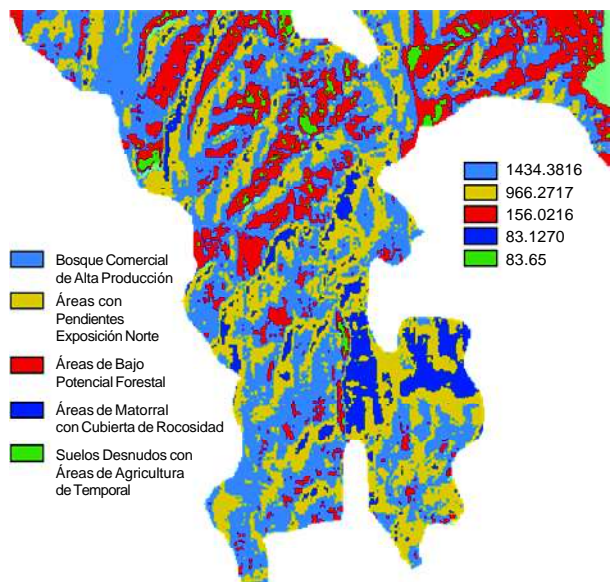


Figura 3. Cambios presentes en las clases en la escena de LANDSAT-TM7 2003.



Figura 4. Ubicación geográfica de un polígono generado por el Inventario Nacional Forestal (INF).

nio del componente de áreas desnudas y de baja cubierta vegetal en el área de estudio. De acuerdo con Pinedo (1998), el dominio de valores negativos en las bandas 2, 3, 5 y 7 explica la dominancia de suelos desnudos y/o áreas degradadas, en contraparte a las estructuras de bosque de pino y de pino-encino dominantes en el componente 1.

Conclusiones

La implementación de las imágenes LANDSAT TM puede ser utilizada para generar mapas que detallen las áreas degradadas asociadas con la actividad forestal. En general, los resultados de este estudio permitieron cuantificar las pérdidas por deforestación en los polígonos seleccionados. De las 88,842 ha reportadas como deforestadas a partir del Inventario Nacional Forestal del año 2000, el 35.2% (31,275 ha)

Cuadro 3a. Matriz de Correlaciones de las bandas de LANDSAT-TM7 para las escenas del año 2003.

Bandas TM	2	3	4	5	7
2	1.00				
3	0.985	1.00			
4	0.795	0.764	1.00		
5	0.941	0.944	0.832	1.00	
7	0.946	0.959	0.752	0.981	1.00

Cuadro 3b. Matriz de Correlaciones de las bandas de LANDSAT-TM5 para las escenas del 1993.

Bandas TM	2	3	4	5	7
2	1.00				
3	0.857	1.00			
4	0.836	0.936	1.00		
5	0.641	0.633	0.643	1.00	
7	0.844	0.938	0.958	0.667	1.00

Cuadro 4. Eigenvalores y matriz de Eigenvectores del análisis de Componentes Principal (ACP) para escena del 2003.

Componentes	Eigenvalores				
	Eigenvalor	Proporción de variabilidad			Proporción acumulada
1		91.43			
2		6.40			
3		1.77			
4		0.24			
5		0.15			
Eigenvectores					
	1	2	3	4	5
B2	0.457836	-0.173700	-0.548531	-0.66786	0.11524
B3	0.456650	-0.278642	-0.420669	0.68710	-0.25446
B4	0.402966	0.895966	-0.055551	0.11267	0.13813
B5	0.460447	-0.042187	0.544251	-0.23421	-0.65965
B7	0.455482	-0.296062	0.472076	0.11953	0.68391


han sido sobreestimadas conforme a los procedimientos y resultados de este estudio. Los cambios encontrados en la cuenca 09 Sonora Sur están relacionados con los poblados a lo largo de la cuenca, vías de comunicación, agricultura de riego y temporal y pastizales, siendo estos últimos los que más afectaron. Los resultados mostraron que mientras las áreas de pastizales se incrementaron, las áreas de bosques de transición y bosques de pino disminuyeron. En cambio, las áreas evaluadas en la región hidrológica 24 de Bravo y Río Conchos se relacionaron más con la tala para la extracción de madera, incendios registrados cada año, quemadas intencionales y alteraciones hídricas debidas a los aprovechamientos inadecuados de las áreas ribereñas así como al sobrepastoreo. Los polígonos resultantes como deforestados son grandes, con cambios rápidos en el uso del suelo y vegetación. Se recomienda ampliar los análisis de deforestación en toda la región forestal del estado de Chihuahua, con el propósito de obtener información más completa relacionada con la superficie y tasas de deforestación. Adicionalmente, se sugiere desarrollar modelos de predicción de la distribución espacial del proceso de deforestación utilizando métodos de propensión para generar mapas de riesgo de deforestación.

Agradecimientos

Se agradece especialmente a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Fundación Produce Chihuahua, A.C. por el soporte recibido para la realización de la presente investigación. A nuestra Universidad Autónoma de Chihuahua por brindarnos la oportunidad de que por este medio publiquemos nuestras experiencias de investigación.

Literatura citada

- BUITEN, H.J. 1993. General view of remote sensing as a source of information. In: H.J. Buiten and Jan G.P.W. Eevers (cd). Land Observation by Remote Sensing. Vol. 3. Gordon and Breach Science Publisher, pp. 9-27.
- CONAFOR, 2002. Comisión Nacional Forestal. Dirección del Inventario Nacional Forestal. Versión preliminar s/p.
- DEGLORIA, S.D. 1984. Spectral variability of Landsat-4

- Thematic Mapper and Multispectral Scanner data for selected crop and forest cover types. IEEE. Trans. Geosc. Remote Sens. 22:303-306.
- D JONG, B.H.J., y G. Montoya-Gómez. 1994. Sustainable management of forest resources: a proposal for the highlands of Chiapas, Mexico. Pages 7-17. In: Proceedings of the 1994 Symposium on System Analysis in Forest Resources, 6-9 September 1994, Pacific Grove, California.
- EVERITT, J.H., C. Yang, R.S. Fletcher and D.L. Drawe. 2006. Evaluation of high-resolution satellite imagery for assessing rangeland resources in South Texas. *Rangeland Ecol. Manage.* 59:30-37.
- FRANCOIS, J. 1999. Aplicación de Imágenes de Satélite para Análisis de Recursos Forestales Deforestación y Fragmentación Forestal en la región de la Laguna de Términos, Campeche: un análisis del período 1974-91. Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, Camp. México. p 12.
- GREENLE, C.J. 1993. Spatial characteristics of montane forest communities in the Organ Mountains, New Mexico, using remote sensing and GIS technology. Thesis Master of Applied Geography, New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico. p 86.
- INEGI. 1984. Modelos Digitales de Elevación Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2a. reimpresión. México.
- MAS J.F., 1997, Monitoring Land-cover Changes in the Términos Lagoon Region, Mexico: A Comparison of Change Detection Techniques, Proceeding of the IV International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, Orlando, Florida, 17-19 March 1997, Vol. I, pp 159-167.
- MASERA, O., M. Ordoñez and Rodolfo Dirzo. 1992. Carbon Emissions and Sequestration in Forests: Case Studies from Seven Development Countries. Berkeley: climate Change Division, EPA and Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory. Pp 122-147.
- OCHOA, L.G. 2001. Evaluation LANDSAT TM derived vegetation indice for estimating above-grown biomass on semiarid rangeland. *Range Management.* 45:165-175.
- PINEDO, A.C. 1998. Análisis de los recursos forestales y del hábitat de la cotorra serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) en la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, México. Disertación doctoral. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia. Chihuahua, México. p 235.
- PRIETO, T.A. 2002. Clasificación de la vegetación en Babícora, Chihuahua, México, usando datos de IKONOS y LANDSAT TM. Tesis. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia. Chihuahua, México. p 57.
- SARH, 1994, Inventario Forestal Nacional Periódico-México 94, Memoria Nacional, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 81 p.
- Weber, T.K. 2005. Challenges of integrating geospatial technologies into rangeland research and management. *Rangeland Ecol. Manage.* 59:38-41. 

Recibido: Febrero 21, 2006/Aceptado: Agosto 10, 2006

Importancia de la tecnología en el valor agregado de empresas manufactureras de la ciudad de Chihuahua, México

Technology influence on the added value of manufacturing companies located in Chihuahua City, Mexico

JUAN OSCAR OLLIVIER FIERRO*

Resumen

El presente artículo pretende poner de relieve la importancia que tiene la tecnología empleada en los procesos sobre los resultados económicos en las empresas de la industria manufacturera, particularmente en el valor agregado por trabajador. Se realizó una encuesta a una muestra aleatoria estratificada de 125 empresas de la industria manufacturera de la Ciudad de Chihuahua, tomada en los años 2003 y 2004. Se determinaron las relaciones que existen entre las inversiones en equipo y el nivel tecnológico en los procesos y entre este último y el valor agregado económico en las empresas. Se hizo un análisis descriptivo y de regresión lineal que permite la comprobación de las hipótesis al poner de relieve: (1) la inversión en equipo administrativo es la variable de mayor peso ($\beta = 0.456$, $P < 0.01$), en la determinación del nivel tecnológico del proceso y (2) la automatización de las funciones administrativas es la variable de mayor peso ($\beta = 0.367$, $P < 0.01$), en la determinación del valor agregado por trabajador en la empresa. Estas relaciones positivas significativas del encadenamiento entre las inversiones en equipos para las tareas administrativas, la tecnología en la automatización del proceso administrativo y el valor agregado por trabajador, sugieren un círculo virtuoso que contribuye al crecimiento de las empresas y a las consecuentes economías de escala por el incremento de la productividad.

Palabras clave: *Inversión tecnológica, tecnología del proceso, tecnologías administrativas, Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), valor agregado económico.*

Abstract

This article pretends to show the importance of the process technology on the economic results of the manufacturing industry companies, particularly on the added value per worker. It is supported on a survey made in a random stratified sample on 125 manufacturing firms located in Chihuahua City, Mexico, in 2003 and 2004. It was identified the relations between the investment on technological equipment and the technological degree of the firm and between the last and the economic added value. It was made a descriptive analysis of the chosen variables and a linear regression analysis that allows to probe the hypothesis showing that: (1) the investments on administrative equipment is the variable that has the higher weight ($\beta = 0.456$, $P < 0.01$), on the determination of the technological degree and (2) the administrative process technology is the variable that has the higher weight ($\beta = 0.367$, $P < 0.01$), on the determination of the added value per worker. This positive significative enchainment between the investment on equipments for the administrative process, the technological degree of the process and the added value by worker, suggest a positive feedback that contribute to the firm growing and the consequents scale economies by the productivity increase.

Keywords: *Investment on technology, process technology, administrative technologies, Technology of Information and Communication (TIC), Economic Added Value.*

* Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus Universitario 2, Chihuahua, Chih., México, (614) 442-0065, jollivier@uach.mx

Introducción

Es innegable el hecho de que la tecnología desempeña un papel de cada vez mayor importancia en la vida en general, pero particularmente en las empresas, las cuales se ven sometidas, debido a la apertura de los mercados, a una competencia cada vez mayor, con sus consecuentes efectos sobre el desarrollo local (Berumen, 2006). Por otra parte, se podría generalizar que las inversiones en tecnología deben llevar a las empresas a obtener mejores resultados económicos, sin embargo, dadas las diferencias entre las diversas tecnologías que se emplean en una empresa y sus efectos, se considera necesario cuantificar las relaciones entre las diferentes variables económicas y las variables tecnológicas del proceso. El problema que originó este trabajo es la falta de indicadores que muestren dicha relación entre variables económicas y tecnológicas que permitan, a través del análisis estadístico, establecer relaciones de causalidad potenciales entre una y otras. Los indicadores financieros tradicionales que relacionan inversiones con valor agregado son de tipo descriptivo y, por lo mismo, no permiten establecer relaciones de causalidad.

El objetivo general de la presente investigación fue el de analizar las relaciones estadísticas entre las inversiones en las diversas tecnologías, los niveles tecnológicos alcanzados en los procesos y los resultados económicos obtenidos en las empresas del sector manufacturero, lo cual permitirá tener una mejor comprensión de las implicaciones de las inversiones y sus posibles efectos en los niveles tecnológicos y los resultados económicos en las unidades de producción. De este objetivo general se derivaron los siguientes objetivos específicos: (1) identificar y medir las principales variables del encadenamiento económico-tecnológico de la empresa, como son las de inversión en equipos, del nivel tecnológico del proceso y de valor agregado en las empresas manufactureras, y (2) analizar las relaciones existentes construyendo modelos predictivos de la tecnología del proceso en función de las inversiones en equipamiento y del valor agregado por trabajador en función de las diversas tecnologías del proceso en las empresas de dicha industria.

De esta forma, se espera que la información resultante permita: (i) proporcionar información a las empresas de la industria, en relación de la conveniencia de sus inversiones en

los diferentes rubros tecnológicos y los resultados económicos esperados; (ii) aportar elementos de juicio a las instituciones públicas y privadas involucradas con políticas orientadas al desarrollo tecnológico de las empresas manufactureras para lograr su crecimiento e impacto sobre el desarrollo local, por la vía del incremento de su competitividad, la cual puede verse a través de la interacción entre tres factores: incremento a la productividad, incremento a la inversión y el empleo (Ruiz, 2004), y (iii) contribuir a la comunidad científica con un enfoque de investigación que relaciona variables económicas con variables tecnológicas.

La definición más cercana del constructo central desarrollado en el presente trabajo como "tecnología del proceso" es la adoptada por Cohen (2004), como *las acciones empleadas para transformar insumos en productos* y sus dos principales expresiones, la instrumental (del inglés *hard*), orientada a la automatización de los procesos, y la social u organizativa (del inglés *soft*), orientada a la organización del trabajo en las empresas. Desde el punto de vista del marco teórico, las técnicas se enmarcan en una teoría del desarrollo tecnológico y del progreso económico como el nuevo marco de paradigmas (Sanmartín, 1990). En el campo de

la teoría económica, se demostró la importancia crucial de la tecnología en el crecimiento a largo plazo de la economía de un país; sobre estos descubrimientos se construyó la lógica actual de invertir en tecnología para acumular ventajas competitivas (Blanch, 2003, Thirlwall, 2003). Sin embargo, la complejidad del problema reside en que la tecnología es cambiante. Actualmente el paradigma técnico-económico vigente en el mundo son las tecnologías de información y comunicaciones (TIC), que han causado una verdadera revolución, cambiando las condiciones económicas que la precedieron, clausurando algunas opciones viables y abriendo otras (Pérez, 2005). No obstante, la penetración en México de estas tecnologías se encuentra rezagada en relación a los países industrializados: el gasto en las TIC representó sólo un 3.2% del PIB en el 2001, cuando en los países industrializados se encontraba en un rango de 2 a 3 veces este valor; en el 2003 se tenían sólo 98 computadoras por cada 1,000 habitantes, cuando en los países industrializados se encontraban en un rango de 250 de 700 en ese mismo año (INEGI, 2006). Sin embargo, a nivel de Latinoamérica, México ha destacado por las políticas industriales transversales, del tipo de las TIC, que tienen impacto en el conjunto del sistema económico (Peres, 2006). En el caso de la industria manufacturera en México, es el sector que más computadoras tiene, comparado con otras industrias, los servicios y el comercio. Considerando estos puntos y en congruencia con los objetivos del presente estudio referente a las empresas de dicha industria manufacturera, se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1 (H1). Las diferentes inversiones en equipo no tienen el mismo peso en la determinación del nivel tecnológico del proceso de la empresa.

Hipótesis 2 (H2). Las diferentes tecnologías del proceso no tienen el mismo peso en la determinación del valor agregado por trabajador.

Materiales y métodos

Se realizó una encuesta a una muestra de empresas de la industria manufacturera la ciudad de Chihuahua, México, que consideró los siete ramos incluidos en esta industria (alimentos, papel, maderas, metálicos, minerales, químicos y textil), en sus cuatro tamaños: micros, pequeñas, medianas y grandes, mismas que sumaron 624 empresas y que emplean a 71,000 trabajadores. El marco muestral fue el listado de estas empresas en el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) y las asociaciones empresariales. Se calculó una muestra aleatoria estratificada por el tamaño de la empresa (Abad y Servín, 1993) –para un error de un 10% de la media y un nivel de confianza de un 95%– de 125 empresas (ver cuadro 1), dentro de las cuales se encontraron nueve empresas maquiladoras, siete grandes y dos medianas.

Las principales variables fueron:

1. La inversión anual en capacitación por empleado (Int_capa). Se calcula dividiendo el monto total anual invertido en capacitación entre el número de trabajadores.
2. La inversión en equipo administrativo (Inv_Adm), que en su mayor parte son TIC. Se calcula a precios de reposición.
3. La inversión en equipo productivo (Inv_prod). Se calcula a precios de reposición.
4. Grado de automatización del proceso administrativo (gap_admi). Se trata de un ín-

Cuadro 1. Distribución de las empresas de la muestra de la encuesta según ramo y tamaño.

Tamaño	Alimentos	Madera	Metálicos	Minerales	Papel	Químico	Textil	Todos
Micro	2	6	18	10	8	3	12	59
Pequeña	5	10	7	1	7	6	8	44
Mediana	1	1	3		3	3	1	12
Grande			5		1	3	1	10
Todos	8	17	33	11	19	15	22	125

Fuente: el autor.

dice construido a partir de 12 reactivos (Agresti, 1990), el cual se expresa como un porcentaje del puntaje promedio.

5. Grado de automatización del proceso productivo (*gap_prod*). Se trata de un índice construido a partir de 5 reactivos, el cual se expresa como un porcentaje del puntaje promedio.
6. Nivel de empleo de las tecnologías organizativas (*tec_blan*), las cuales se refieren a las nuevas formas de organizar el trabajo en la empresa. Se trata de un índice construido con base en 8 reactivos, el cual se expresa como un porcentaje del puntaje promedio.
7. Nivel tecnológico del proceso de la empresa (*gtec_tot*). Se trata de un índice construido en base al promedio de los tres anteriores, el cual se expresa igualmente como un porcentaje. Esta tecnología del proceso difiere del concepto de “la innovación” (que se refiere sobre todo a los productos) y solo es introducida al mercado en forma indirecta (Corona, 1997).
8. Valor agregado (*Val_agr*). Se calcula sumando los montos anuales de la nómina y las utilidades.
9. Valor agregado por empleado (*int_vaag*). Se calcula dividiendo el valor agregado entre el número de trabajadores, seleccionada como variable dependiente por ser uno de los resultados más representativos del buen desempeño económico de la empresa.

El instrumento consistió en un cuestionario formado básicamente por cuatro partes: las tecnologías en relación al área administrativa, al área productiva (del taller), las denominadas organizativas o blandas, y las variables económicas. En la construcción del índice del grado de automatización del proceso administrativo (Kerlinger, 2002) se consideró la automatización (empleo de las TIC) para la elaboración de: correspondencia, contabilidad, nómina, órdenes a proveedores, inventario, facturación, control de clientes, porcentaje de computadoras conectadas en red, manejo de bases de datos, existencia de una página de Internet de la empresa y empleo del comercio electrónico. Para la construcción del índice del grado de automatización del proceso productivo se con-

sideró la automatización para: diseño de productos, requerimientos de compra, manufactura, pruebas y empaque. En la construcción del índice del grado de empleo de las tecnologías organizativas se consideró el grado de intensidad en el trabajo con las técnicas de: control o sistema de administración de la calidad, trabajo en equipos, mejora continua, justo a tiempo, manufactura esbelta, calidad total, cinco “S” y seis sigma.

El método propuesto para la prueba de hipótesis consiste primeramente en la construcción de dos modelos de regresión lineal: uno con el nivel tecnológico como variable dependiente, en función de las diferentes inversiones en equipo, y otro con el valor agregado por trabajador como variable dependiente, en función de las diversas tecnologías del proceso. En segundo lugar se hizo la comparación de los diferentes valores de los coeficientes estandarizados beta, que reflejan la influencia de las diferentes variables predictoras sobre la variable independiente en los modelos de regresión. Este trabajo parte de dos supuestos: el primero es que la automatización en los procesos administrativos y productivos y las tecnologías organizativas forman en su conjunto la tecnología en los procesos de producción; el segundo es que todas las empresas poseen un cierto nivel tecnológico en sus procesos.

Resultados y discusión

Como parte del análisis descriptivo, en los cuadros 2, 3 y 4 se muestran los principales valores de las variables seleccionadas.

En el cuadro 2 se muestran las inversiones realizadas (a precio de reposición), las cuales permiten calcular que la inversión por trabajador en equipo administrativo es aproximadamente 54% superior en las empresas grandes comparadas con las micro. Este resultado es congruente con la relación positiva entre el tamaño de la organización y el empleo de las TIC encontrado en las empresas de Turquía (Acar, 2005). Las inversiones realizadas en equipo del proceso productivo (de taller) por trabajador son aproximadamente 73% superiores en las empresas grandes comparadas con las micro. La inversión anual en capacitación por trabajador

es aproximadamente 147% superior en las empresas grandes comparadas con las micro (Craig, 1996). En otro estudio sobre la misma población se encontró que el valor del indicador de la inversión en capacitación como un porcentaje de la nómina para las empresas medianas y grandes es de 2.2%, mientras que este mismo valor para las empresas de clase mundial es de 5% (Ollivier, 2005).

En el cuadro 3 se observa una relación directa entre el grado de automatización del proceso administrativo y/o productivo y el tamaño de la empresa, y una marcada desigualdad entre en las empresas micro y las grandes (aproximadamente tres veces). Estos resultados son congruentes con los encontrados en Canadá por Dodgson en una encuesta realizada en 4,200 establecimientos manufactureros en el 2001, estudio donde se destaca que las empresas grandes son líderes en la adopción de herramientas de automatización (Pedroza y Sánchez, 2005). Por otra parte, el hecho de que la automatización del proceso productivo sea

mayor en las empresas medianas que en las grandes se debe principalmente a que en estas últimas predominan las maquiladoras, las cuales no tienen altos grados de automatización en sus procesos productivos por ser empresas de mano de obra intensiva. Igualmente se observa una relación directa entre el grado de empleo de las tecnologías organizativas (*soft*) y el tamaño de la empresa, lo cual sugiere que las empresas grandes han desarrollado estrategias orientadas hacia el uso intensivo de estas tecnologías organizativas, debido al beneficio que les aportan en relación a los costos relativos de las mismas (Gaynor, 1996) y también al hecho de que en su mayor parte son técnicas relativamente recientes, que son primeramente adoptadas por las grandes empresas. En cuanto a la variable *Nivel tecnológico del proceso*, que representa una síntesis de las anteriores, se constata la desigualdad que existe en los niveles tecnológicos, principalmente entre el grupo de las empresas micro-pequeñas y el de las medianas-grandes, para

Cuadro 2. Principales inversiones por tamaño de empresa (en pesos).

	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Equipo administrativo	33,851	66,695	1,492,667	6,057,180	677,091
Equipo de taller	372,155	565,518	30,694,957	74,244,700	9,261,012
Capacitación al personal anual	9,084	23,950	209,166	2,578,000	260,266

Cuadro 3. Valores de las diversas tecnologías por tamaño de empresa (el valor de las variables se expresa sobre base porcentual).

	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Automatización del proceso administrativo	25,82	42,39	64,35	84,03	40,01
Automatización del proceso productivo	21,78	26,48	51,25	57,50	29,12
Empleo de las tecnologías organizativas	20,45	27,60	56,42	68,54	30,27
Nivel tecnológico del proceso de la empresa	22,12	31,02	57,11	69,65	32,42

Cuadro 4. Valor agregado anual total y por trabajador según tamaño de empresa (en pesos).

	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Valor agregado anual	431,608	1,601,622	18,348,333	11,007,783	11,649,553
Valor agregado por trabajador anual	73,751	87,860	136,207	143,565	90,235

Fuente: el autor.

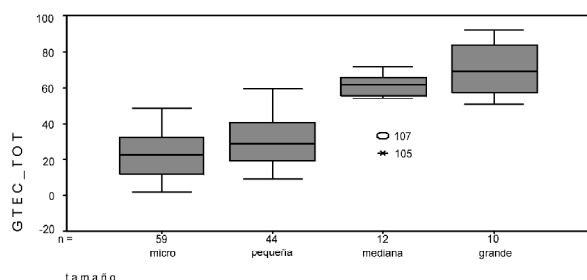


Figura 1. Nivel tecnológico del proceso según el tamaño de la empresa.

Fuente: el autor.

los cuales la diferencia de medias entre estos grupos es estadísticamente significativa ($t=10.12$, $P<0.01$).

En la figura 1 se observa una relación directa entre esta variable, *Nivel tecnológico del proceso* y *tamaño de la empresa*, cuyo coeficiente de correlación es de 0.64 ($P<0.01$).

En el cuadro 4 se muestra el valor agregado por trabajador (que en ocasiones es empleado como un indicador de productividad), el cual es creciente con el tamaño de la empresa, al punto en que en las grandes es de dos veces el de las micro, lo cual es consisten-

te con el fenómeno de las economías de escala. Similar al caso anterior, entre el grupo de las empresas micro-pequeñas y el de las medianas-grandes la diferencia de medias de esta variable es estadísticamente significativa ($t=5.1$, $P<0.01$).

En cuanto al análisis de regresión lineal, el cuadro 5 muestra en el modelo, a través de los valores de los coeficientes estandarizados beta y los de significancia (y los valores de “t”), que la variable predictorora más importante que explica las variaciones de la variable dependiente, nivel tecnológico del proceso, es la inversión en equipo administrativo, con un coeficiente beta superior en más de dos veces al de las inversiones en equipos de taller. Esta situación, sumada al hecho de que el costo relativo de los equipos administrativos es menor en comparación a los del taller, hace que sean bastante más rentables estas inversiones. Se observa que la contribución de las dos variables predictororas (coeficiente de determinación, $R^2=0.35$) a la explicación de la variación del nivel tecnológico del proceso es de 35%, lo cual

Cuadro 5. Regresión lineal considerando como variable dependiente el nivel tecnológico del proceso y como variables predictororas las inversiones en equipo administrativo y de taller.

Dependiente	Predictora	R ²	Coefici. B (millón \$)	Coeficiente β	t	Significancia estadística
		0.35				.000
Nivel tecnológico del proceso (%)	Inversión en equipo administrativo		4.019		4.79	.000
	Inversión en equipo de taller		0.098	0.456	1.96	.052
	Constante		29	0.187	18.6	.000

Cuadro 6. Regresión lineal considerando como variable dependiente el valor agregado por trabajador y variables predictororas las variables tecnológicas.

Dependiente	Predictora	R ²	Coefici. B (millón \$)	Coeficiente β	t	Significancia estadística
		0.31				.000
Valor agregado anual por trabajador (en pesos)	Automatización del proceso administrativo		766.96	0.367	3.61	.000
	Automatización del proceso productivo		338.76	0.167	1.67	.098
	Empleo de las tecnologías organizativas		237.2	0.103	1.05	.297
	Constante		42,872		5.55	.000

Fuente: el autor.

sugiere la relación causal de las inversiones, particularmente en equipo administrativo, sobre el nivel tecnológico del proceso de la empresa.

El modelo de regresión lineal del cuadro 6 muestra, a través de los valores de los coeficientes beta (estandarizados) y los de significancia, que la variable predictora más importante que explica las variaciones de la variable dependiente, valor agregado anual por trabajador, es la automatización del proceso administrativo, con un coeficiente beta superior en más de dos veces al de la automatización del proceso productivo en el taller. De la misma forma, el coeficiente de determinación ($R^2=0.31$) sugiere una relación causal de las tecnologías, particularmente la del proceso administrativo, sobre el valor agregado por trabajador de la empresa. Este resultado es congruente con los encontrados en esta misma industria a nivel nacional; en una muestra de 1,818 empresas (por medio de un análisis factorial y conglomerados) se identificó que el grupo de empresas con mayor productividad y margen de utilidad era también el que tenía la mayor introducción de nuevas tecnologías en su operación (Domínguez y Brown, 2004). Igualmente, estos resultados son congruentes con la asociación positiva entre la innovación del proceso y el desempeño del negocio reportada por David Smallbone *et al* (2003) en empresas inglesas e irlandesas.

Con los resultados anteriores, se procede a la prueba de las hipótesis.

Hipótesis 1 (H1). Las diferentes inversiones en equipo no tienen el mismo peso en la determinación del nivel tecnológico del proceso de la empresa (β_1 y β_2). Tal como se puede observar en el análisis de regresión del cuadro 5, los valores de los coeficientes estandarizados beta (β_1 y β_2), correspondientes a las diferentes inversiones, no tienen el mismo valor ($\beta_1=0.456$ con $P<0.01$ y $\beta_2=0.187$ con $P<0.06$), lo cual significa que las diferentes inversiones no tienen el mismo peso en la determinación del nivel tecnológico (lo cual también se comprueba en los diferentes valores de “t”), por lo que la H1 se acepta.

Hipótesis 2 (H2). Las diferentes tecnologías del proceso no tienen el mismo peso en la determinación del valor agregado por trabajador (β_1 , β_2 y β_3). Tal como se puede observar en el análisis de regresión del cuadro 6, los valores de los coeficientes estandarizados beta (β_1 , β_2 y β_3), correspondientes a las diferentes tecnologías, no tienen el mismo valor ($\beta_1=0.367$ con $P<0.01$, $\beta_2=0.167$ con $P<0.1$ y $\beta_3=0.103$ con $P<0.3$), lo cual significa que las diferentes tecnologías del proceso no tienen el mismo peso en la determinación del valor agregado por trabajador (lo cual también se comprueba en los diferentes valores de “t”), por lo que la H2 se acepta.

Desde una perspectiva de conjunto, se puede decir que un factor importante que determina la productividad –considerada como la eficiencia en el uso de los recursos para transformar los insumos en productos– es la tecnología, misma que puede explicar el vínculo entre las inversiones (entradas) y el valor agregado en las empresas (salidas). Por otra parte, el hecho de que un mayor valor agregado –que generalmente conlleva a mayores utilidades– pueda generar a su vez los recursos para realizar mayores inversiones, hace que se cierre un círculo virtuoso: inversiones en equipo-nivel tecnológico del proceso-valor agregado-inversiones en equipo, tal como se muestra en la relación circular de la figura 2, la cual sugiere, como relación causal del crecimiento, la retroalimentación del valor agregado en las inversiones en tecnología, principalmente TIC, contribuyendo de esta forma al fenómeno de las economías de escala, por el incremento en su productividad.

En cuanto a las diferentes fases por las que debe pasar el proceso de adquisición y dominio de las tecnologías de información, se han establecido modelos de crecimiento como el de

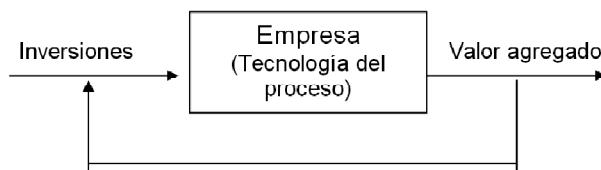


Figura 2. Círculo virtuoso entre inversiones, tecnología del proceso y valor agregado.

Fuente: el autor.

Tan, el cual establece cinco niveles: integración funcional, integración entre funciones, integración del proceso, rediseño del proceso de negocios y redefinición del alcance del negocio (Stroeken, 2001). No obstante que estos resultados ponderan las tecnologías administrativas como las más influyentes en los resultados económicos, con el fin de reducir los tiempos de respuesta en la fabricación, se recomienda integrar los sistemas administrativos con los productivos.

Conclusiones

Del objetivo central del presente trabajo, que fue el análisis de la influencia de la tecnología en el valor agregado en las empresas de la industria manufacturera a través de la medición de las relaciones entre las variables de inversión, de tecnología del proceso y del valor agregado por trabajador, empleando la técnica de regresión lineal, se puede concluir:

1. Las inversiones que tienen mayor influencia (más rentables) para incrementar el nivel tecnológico del proceso de la empresa son las inversiones en equipo para automatizar las tareas administrativas (H1).
2. La automatización de las tareas administrativas es el factor que tiene la mayor influencia en la determinación del valor agregado por trabajador (H2).

En cuanto a sus principales implicaciones, la medición estadística de la magnitud de las relaciones proporciona información valiosa que permite la toma de decisiones informada, en particular las orientadas a incrementar los niveles tecnológicos de los procesos en sus diferentes componentes para incrementar el valor agregado de la empresa y su capacidad de inversión, cerrando de esta forma el círculo virtuoso.

Como conclusión general se puede decir que este estudio muestra la bondad de las inversiones en tecnología en las empresas manufactureras, particularmente en los procesos administrativos –mismos que forman parte de las denominadas tecnologías de información y comunicaciones (TIC)–, como un soporte importante para su crecimiento, lo cual es congruente con las recomendaciones de las orga-

nizaciones internacionales (OCDE, 1996, UNCTAD, 2003).

Agradecimientos


El presente trabajo de investigación fue posible gracias al apoyo de la Secretaría de Educación Pública a través del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), al cual agradezco la confianza depositada en mi persona.

Igualmente agradezco a las empresas el soporte proporcionado por haber dedicado el tiempo para el llenado de los cuestionarios, y a los alumnos y maestros de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua por su apoyo para la realización de la presente investigación, esperando que sea de utilidad a la comunidad chihuahuense y al país.

Literatura citada

- ABAD, A. y L. A. Servín. 1993. Introducción al Muestreo. Limusa Noriega. México.
- ACAR, E. 2005. Use of ICT by small and medium sized enterprises in building construction. *Construction Management & Economics*, 23(3):713-722.
- AGRESTI, A. 1990. Categorical Data Analysis. John Wiley & Sons. USA.
- BERUMEN, S. 2006. Competitividad y Desarrollo Local. ESIC Editorial, Madrid.
- COHEN, G. 2004. Technology Transfer. Sage Publications. India.
- BLANCH, A. 2003. Nuevas Tecnologías y Futuro del Hombre. U. Pontificia Comillas. España.
- CORONA, L. 1997. Cien Empresas Innovadoras en México. Miguel A. Porrúa. México.
- CRAIG, L. 1996. The ASTD Training & Development Handbook. 4th Ed. ASTD. USA.
- DOMINGUEZ, L. y F. Brown, 2004, Medición de las capacidades tecnológicas en la industria mexicana, *Revista de la CEPAL*, núm. 83, agosto 2004, pp. 135-151, Chile.
- GAYNOR, G. 1996. Handbook of Technology Management. Mc Graw-Hill. USA.
- KERLINGER, F. y H. Lee. 2002. Investigación del comportamiento. Métodos de Investigación en Ciencias Sociales. 4ª Ed. Mc Graw Hill. USA.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Indicadores sobre Tecnología de la Información, México, 2006.
- OLLIVIER, J. 2005. Capacitación y tecnología del proceso en la industria maquiladora. *Frontera Norte*, 17(33):7-24. Colegio de la Frontera Norte. México.
- OCDE (Organización para la Cooperación del Desarrollo Económico). 1996. Measurement of Scientific and Technological Activities. Francia.

- PEDROZA, Á. y J. Sánchez. 2005. Procesos de Innovación Tecnológica en la Pequeña y Mediana Empresa. Universidad de Guadalajara. CUCEA. México.
- PERES, W. 2006. El lento retorno de las políticas industriales en América Latina y el Caribe. *Revista de la CEPAL*. Núm. 88. Abril 2006. Pp. 71-88. Chile.
- PÉREZ, C. 2005. Changement technologique et opportunités de développement, une cible mouvante. *Revista de la CEPAL*. Núm. especial. Junio 2005. Pp.165-187. Chile.
- RUIZ, C. 2004. México: el paradigma de la competitividad. En: Memoria de ponencias del 1er Congreso Nacional sobre Legislación y Política en Ciencia y Tecnología y Educación Superior. México.
- SANMARTÍN, J. 1990. Tecnología y Futuro Humano. Anthropos. España.
- SMALLBONE, D., D. North, S. Roper e I. Vickers. 2003. Innovation and the use of technology in manufacturing plants and SME's: an interregional comparison. *Environment & Planning C: Government & Policy*. 21(1):37-53.
- STROEKEN, J. 2001. The adoption of IT by SME's: the Dutch case. *Journal of Enterprising Culture*. 9(1):129-152, TNO, Holanda.
- THIRLWALL, A. 2003. La Naturaleza del Crecimiento Económico. Fondo de Cultura Económica. México.
- UNCTAD. 2003. Policies and Programmes for Technology Development and Mastery, Including the Role of FDI. UNCTAD. Suiza.

Recibido: Abril 24, 2006/*Aceptado:* Septiembre 8, 2006 

Directorio de Investigadores del Sistema Nacional de Investigadores

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
Septiembre 2006

<i>Nombre</i>	<i>Unidad de adscripción</i>	<i>Nivel</i>
Dra. Luz Helena Sanín Aguirre luzh@uach.mx	Facultad de Enfermería y Nutriología	Nivel 1
Dr. Esteban Sánchez Chávez esanche@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrotecnológicas	Nivel 2
Dr. Abelardo Núñez Barrios anunez@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrotecnológicas	Nivel 1
Dr. Héctor Janacua Vidales hjanacua@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrotecnológicas	Candidato
M.C. Juan Manuel Soto Parra jsoto@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrotecnológicas	Nivel 1
Dra. Ana Cecilia González Franco acgonzal@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrotecnológicas	Candidata
Dr. Marcos A. Chávez Rojo mchavezr@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrotecnológicas	Candidato
Dr. Armando Segovia Lerma asegovia@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales	Nivel 1
Dr. Concepción Luján Alvarez clujan@uach.mx	Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales	Nivel 1
Dr. Enrique Ortega Rivas eortega@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dr. Armando Quintero Ramos aquinter@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dra. Aurora Valdez Frago avalde@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dra. María Elena Fuentes Montero mfuentes@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1

Dra. Erika Salas Muñoz esalas@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dra. Virginia Nevárez Morillón vnevare@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dr. Hugo Mújica Paz hmujica@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dr. René Renato Balandrán Quintana rbalandr@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dr. Quintín Rascón Cruz qrascon@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dra. María de Lourdes Ballinas Casarrubias mballinas@uach.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Nivel 1
Dra. Luz María Rodríguez Valdez luz.rodriguez@cimav.edu.mx	Facultad de Ciencias Químicas	Candidata
Dr. Arturo Rico Bovio arico@uach.mx	Facultad de Filosofía y Letras	Nivel 1
Dr. Francisco Alfredo Núñez González fnunez@uach.mx	Facultad de Zootecnia	Nivel 1
Dr. José Arturo García Macías jgarcia@uach.mx	Facultad de Zootecnia	Nivel 1
Dra. Alma Delia Alarcón Rojo aalarcon@uach.mx	Facultad de Zootecnia	Nivel 1
Dr. Hugo Castillo González hcastillo@uach.mx	Facultad de Zootecnia	Candidato
Dr. Everardo González Rodríguez evegonzal@uach.mx	Facultad de Zootecnia	Nivel 1
Dr. Adán Pinales Murguía apinales@uach.mx	Facultad de Ingeniería	Candidato
Dra. María de Lourdes Villalba mvillalb@uach.mx	Facultad de Ingeniería	Nivel 1
Dr. José Mora Ruacho jmora@uach.mx	Facultad de Ingeniería	Candidato
Dr. César Santiesteban Baca lsanties@uach.mx	Facultad de Filosofía y Letras	Nivel 1
Dr. Francisco Javier Solís Martínez fsolis@uach.mx	Facultad de Medicina	Nivel 1
Dra. Verónica Moreno Brito vmoreno@uach.mx	Facultad de Medicina	Candidata
Dr. Alfonso Delgado Reyes aldelgado@uach.mx	Facultad de Medicina	Candidato
Dr. Víctor Adolfo Ríos Barrera victoradolforb@uach.mx	Facultad de Medicina	Candidato

Editor para la construcción y aplicación de escalas por medio de una PC

An editor for scale construction and application
through a personal computer

HUMBERTO BLANCO VEGA, MARTHA ORNELAS CONTRERAS, FRANCISCO MUÑOZ BELTRÁN,
FERNANDO MONDACA FERNÁNDEZ, JUDITH MARGARITA RODRÍGUEZ VILLALOBOS,
MARÍA DEL CARMEN SUECK ENRÍQUEZ Y JESÚS ENRIQUE PEINADO PÉREZ*

Resumen

En este informe se detalla un sistema computarizado que permite a los investigadores construir, aplicar y tabular encuestas e instrumentos de los llamados “de papel y lápiz” de manera automatizada. Además se reportan investigaciones donde se ejemplifica su uso. Los resultados de este sistema permiten considerarlo un medio efectivo para la construcción instrumentos de medición al posibilitar el almacenamiento de los datos sin etapas previas de codificación, con una mayor precisión y rapidez, además de facilitar el registro del tiempo de latencia de la respuesta a cada ítem. Las perspectivas sobre nuevas versiones del sistema permiten pensar en ampliar los contenidos objeto de evaluación, generar sistemas expertos de corrección, administración vía Internet, seleccionar los mejores ítems para determinados objetivos de evaluación (tests óptimos) o para determinadas personas (tests adaptativos informatizados).

Palabras clave: *Sistema automatizado, tests informatizados, medición.*

Abstract

This report examines a computer system which allows researchers to build, apply and analyze surveys and the so-called “pencil-and-pen” instruments in an automatized way. Investigations exemplifying its use are also reported. The result of this system qualifies it to be considered as an effective means for the construction of measuring instruments since it allows data storage without previous codification stages, with bigger precision and quickness, facilitating the record of time and latency of each item’s answer. Perspectives about new versions of the system allows us to think about extending the subject contents of evaluation, generate expert correction systems, administration via Internet, selecting the best items for certain subjects of evaluation (optimal tests) or certain people (adaptative automatized tests).

Keywords: *Automatized system, computer tests, measuring.*

* Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte, Universidad Autónoma de Chihuahua, Pascual Orozco y Av. Universidad, Chihuahua, Chih., México, 31170, Apdo. Postal 21585, Tels. (01 614) 426 5002, 413 1507 y 413 0433, fax (01 614) 426 5342, hblanco@uach.mx

Introducción

La coincidencia entre desarrollos psicométricos y avances en informática ha representando una auténtica revolución en el diseño y aplicación de tests psicológicos y educativos. El uso de la computadora, entre otras muchas cosas, permite ampliar los contenidos objeto de evaluación, generar sistemas expertos de corrección, administración vía Internet, pueden seleccionarse los mejores ítems para determinados objetivos de evaluación (tests óptimos) o para determinadas personas (tests adaptativos informatizados), etcétera. Aunque son muchas las ventajas, son muchos también los problemas que deben resolverse desde la investigación sobre sistemas informatizados de evaluación (Colom, 1995; López-Pina, Ato, Sánchez y Veladrino, 1990; Olea y Ponsoda, 1996, 1998; Olea, Ponsoda y Prieto, 1999; Renom, 1993 a,b).

Coincidimos en señalar, tal como lo hacen Prieto, Carro, Orgaz y Pulido (1993) y Brown (1997), que una de las aplicaciones importantes de los ordenadores personales es la construcción y administración de tests informatizados que puedan sustituir en algunos campos a los tests clásicos de papel y lápiz al permitir el almacenamiento de los datos sin etapas previas de codificación, con una mayor precisión, rapidez

y una retroalimentación inmediata a la hora de dar los resultados; facilitar el registro del tiempo de latencia de la respuesta a cada ítem y la presentación multimedia, con la inclusión de textos, gráficos, fotografías e incluso videos y simulaciones.

Es claro también que los sistemas automatizados de medida permiten obtener datos más precisos y fiables, aumentando la rapidez y eficacia en su análisis,

presentación y almacenamiento, desligando así al investigador de labores rutinarias y mecánicas y propiciando una mayor disponibilidad de tiempo para tareas como la interpretación y discusión de resultados (Moreno *et al.*, 1998).

El caso que nos ocupa orienta su interés en la actividad de investigación, con la propuesta de nuevas tecnologías como herramientas de apoyo en los procesos educativos y en el fortalecimiento de líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC).

El editor para la construcción de escalas por medio de una computadora es una propuesta académica ya desarrollada, que se hace atendiendo a indicadores de calidad en la educación en sus diferentes niveles y se desarrolla también en el marco de la innovación educativa.

Descripción del editor para la construcción y aplicación de escalas por medio de una PC

El *Editor de escalas* versión 2.0 es un desarrollo tecnológico de tipo software que permite a los investigadores construir y aplicar

ESCALA, DIRECTOR, GRUPO DE DISEÑO Y REVISORES

Por favor, escriba el nombre de la encuesta o batería para la cual va diseñar las secciones o escalas.
Para finalizar oprima la tecla TAB.

Escala:

Director del proyecto:

Planeación y Diseño:

Revisores:

Figura 1. Pantalla "Datos generales", módulo *Constructor del instrumento*.

encuestas e instrumentos de los llamados “de papel y lápiz” de manera automatizada.

Consta de cuatro módulos: *Constructor del instrumento*, *Administrador del instrumento*, *Colector de resultados* y *Configuración*.

El módulo *Constructor del instrumento*, además de permitir el diseño de los reactivos, genera de manera automática los nombres de las variables donde se almacenarán los resultados. En la figura 1, a manera de ejemplo, se muestra la pantalla de “Datos generales”.

El módulo *Administrador del instrumento*, además de ser la interfaz de usuario para el encuestado, almacena las respuestas, el tiempo de respuesta y las dudas o intentos en cada reactivo. En la figura 2 se aprecia el menú del *Administrador del instrumento*.

El módulo *Colector de resultados* extrae las respuestas, tiempos y dudas de cada sujeto y los almacena en archivos de texto que luego pueden ser importados por cualquier paquete de estadística. En la figura 3 se aprecian las pantallas del módulo *Colector de resultados*.

El módulo de *Configuración* permite predeterminar algunas características relevantes de la interfaz del usuario, como colores, tamaño de fuente, coordenadas, etcétera (figura 4).

El editor permite diseñar 13 diferentes tipos de reactivos de acuerdo al tipo de información que se vaya a solicitar al encuestado.

Cada uno de los tipos de reactivo tiene su contraparte con salto, que se emplea en aquellas ocasiones en que con cierta respuesta o respuestas del encues-



Figura 2. Menú principal, módulo *Administrador del instrumento*.

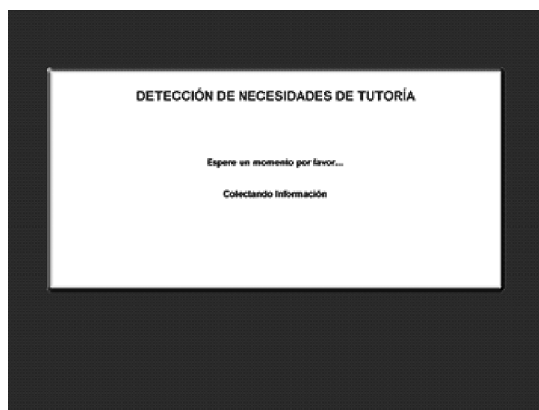


Figura 3. Pantallas, módulo *Colector de resultados*.



tado se debe interrumpir la petición de información y por lo tanto saltar a un reactivo que no es subsiguiente del reactivo que acaba de responder (figura 5).

A continuación se describe la utilidad de cada uno de los 13 ti-

pos de reactivos:

- Reactivo *Barra de desplazamiento*. Reactivo donde el encuestado, por medio de un procedimiento de desplazar un botón, elige una sola opción de varias que se le presentan.

- Reactivo *Contador numérico*. Reactivo donde el encuestado cuenta con un control de número que le permite aumentar o reducir un valor de unidad en unidad, o introducir el valor directamente en el cuadro de texto.
- Reactivo *Jerarquizar*. Reactivo donde el encuestado, por medio de un procedimiento de arrastrar y soltar el mouse, jerarquiza u ordena un conjunto de opciones o aspectos.
- Reactivo *Laguna libre*. Reactivo donde el encuestado cuenta con una sola línea para escribir su respuesta, sin ningún tipo de formato especificado de antemano.
- Reactivo *Laguna máscara*. Reactivo donde el encuestado cuenta con una sola línea para escribir su respuesta, de acuerdo a un formato preestablecido.
- Reactivo *Lista*. Reactivo donde el encuestado selecciona o elige una sola opción de varias que se le presentan.
- Reactivo *Lista chequeo fija*. Reactivo donde el encuestado

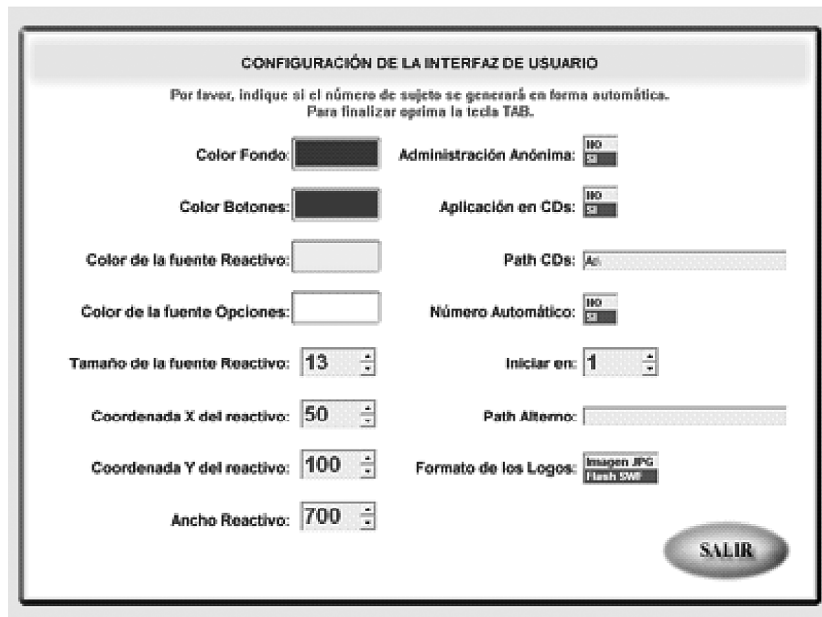


Figura 4. Pantalla “Configuración de la interfaz del usuario”, módulo *Configuración*.

- selecciona o elige un número de opciones fijo de las que se le presentan. El número de opciones a elegir es especificado de antemano por el encuestador.
- Reactivo *Lista chequeo libre*. Reactivo donde el encuestado selecciona o elige una, varias o todas las opciones que se le presentan.

- Reactivo *Memo*. Reactivo donde el encuestado cuenta con varias líneas para escribir su respuesta, sin ningún tipo de formato especificado de antemano. La respuesta se graba en un archivo de texto independiente.
- Reactivo *Proporcionalidad*. Reactivo donde el encuestado puede repartir un puntaje o porcentaje entre las opciones que se le indican.
- Reactivo *Radio 2 opciones*. Reactivo donde el encuestado cuenta con dos botones de opción mediante los cuales selecciona o elige su respuesta.
- Reactivo *Actual-Deseable-Cambio*. Reactivo donde el encuestado responde la frecuencia con que actualmente, en forma ideal y si se esfuerza en cambiar, realizaría o manifestaría una acción o característica.
- Reactivo *Capacidad-Interés*. Reactivo donde el encuestado responde qué tan capaz se percibe, qué tanto interés tiene y si se esfuerza en cambiar qué tan

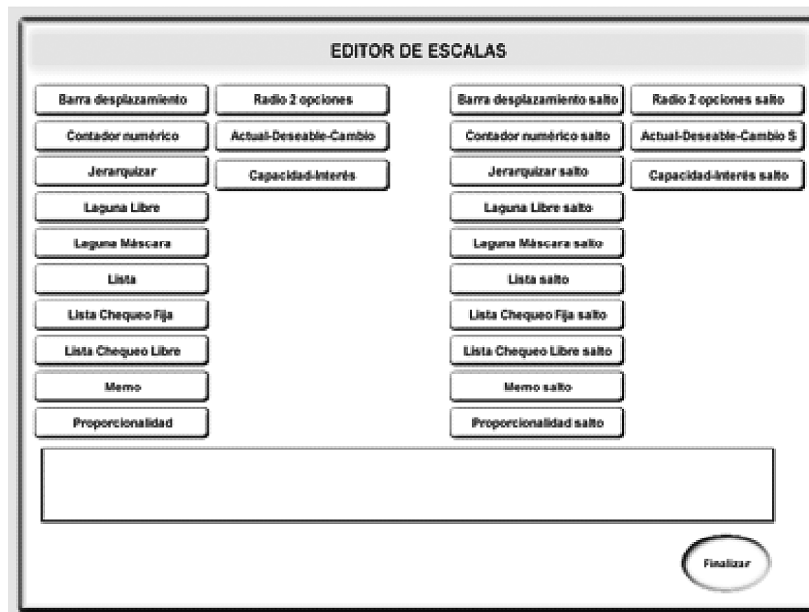


Figura 5. Pantalla “Tipos de reactivos”, módulo *Constructor del instrumento*.

capaz sería, al realizar una acción o manifestar una característica.

Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados, los resultados del uso de este sistema permiten considerarlo un medio efectivo para la construcción de instrumentos de medición, al permitir el almacenamiento de los datos sin etapas previas de codificación, con una mayor precisión y rapidez, además de facilitar el registro del tiempo de latencia de la respuesta a cada ítem.


Al igual que Moreno *et al.* (1998), consideramos que la principal contribución de este tipo de editores al campo de la instrumentación en ciencias sociales consiste básicamente en representar un ejemplo viable y efectivo del uso de la computadora en la elaboración, aplicación y calificación de escalas, lo que repercute fundamentalmente en la confiabilidad de los datos obtenidos, además de que la etapa de recolección y tabulación de los resultados de una investigación se lleva a cabo con relativa facilidad y economía de tiempo. Las bondades mencionadas pueden resultar interesantes para los que

desarrollan investigación en el campo de las ciencias sociales, sin dejar de reconocer que puede ofrecer alternativas de aplicación en otros campos profesionales afines.

Las perspectivas sobre nuevas versiones del editor permiten pensar, entre otras cosas, en ampliar los contenidos objeto de evaluación, generar sistemas expertos de corrección, seleccionar los mejores ítems para determinados objetivos de evaluación (tests óptimos) o para determinadas personas (tests adaptativos informatizados) y la administración vía Internet.

La generación del sistema se hizo en la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma de Chihuahua (2004), diseñado por un equipo de expertos en el área. Se ha logrado capacitar para su manejo a alrededor de 250 estudiantes de los programas de licenciatura y maestría de la FEFCD, algunos de los cuales ya han probado sus ventajas en la construcción y aplicación de encuestas en los diferentes espacios profesionales, y preferentemente el sistema ha sido utilizado con fines académicos.

Referencias

- BROWN, J.D.: 1997. Computers in language testing: Present research and some future directions. *Language Learning & Technology*, Vol. 1, No. 1, pp. 44-59.
- COLOM, B.R. (coord.). 1995. Diferencias individuales y nuevas tecnologías en psicología. *Estudios de psicología*. Núm. 55.
- HERNÁNDEZ MENDO, A. y R. RamosPollán. 1995. Informatización del *Profile of Mood States* de McNair, Lorr y Droppelman (1971). Aplicaciones. *En: Psicología del deporte*, n. 7-8, noviembre.
- LÓPEZ-PINA, J.A., M. Ato, J. Sánchez, J. y A. Veladrino. 1990. Test y diagnóstico por computador. *En: S. Algarabel y J. Sanmartín (eds.): Métodos Informáticos Aplicados a la Psicología*. Madrid. Pirámide.
- MORENO, F.J., A. Oña, M. Martínez y F. García. 1998. Un sistema de simulación como alternativa en el entrenamiento de habilidades deportivas abiertas. *Motricidad*, 4, 75-95.
- OLEA, J. y V. Ponsoda. 1996. Tests adaptativos informatizados. *En: J. Muñoz (coord.): Psicometría*. Madrid. Universitas.
- OLEA, J. y V. Ponsoda. 1998. Evaluación informatizada en contextos de aprendizaje. *En: C. Vizcarro y J. A. León (eds.): Nuevas tecnologías para el aprendizaje*. Madrid. Pirámide.
- OLEA, J., Ponsoda, V., Prieto, G. (eds.): 1999. Tests Informatizados: Fundamentos y Aplicaciones. Madrid. Pirámide.
- PRIETO, G., J. Carro, B. Orgaz, B., R.F. Pulido, M. González-Tablas. 1993. Uso del Hypercard para la construcción de tests informatizados de aptitudes espaciales. *Psicológica*. 14. Pp. 229-237.
- RENOM, J. 1993a. Tests Adaptativos Computarizados: Fundamentos y Aplicaciones. Barcelona. PPU.
- RENOM, J. 1993b. "Tests adaptativos computarizados". *En: M. Forns y M.T. Anguera (eds.): Aportaciones recientes a la evaluación psicológica*. Barcelona. PPU. 

El proceso de transferencia de tecnología en el sector ganadero y de recursos naturales en la Facultad de Zootecnia

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ*

La transferencia de tecnología es entendida como el paso de las habilidades prácticas y teóricas del propietario a los usuarios o beneficiarios externos de una tecnología. Se refiere al complejo proceso de compartir conocimiento y adaptar tecnologías para que se acomoden a las condiciones locales. Esto fortalece la capacidad tecnológica humana de una región, estado o país. Históricamente, en el estado de Chihuahua, la investigación tecnológica orientada a las actividades agropecuarias se ha llevado a cabo por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, y por parte del gobierno federal a través del Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En el sector de recursos naturales, también participan en este proceso el Centro de Investigaciones en Recursos Naturales (CIRENA) y el Centro de Investigaciones Sobre la Sequía (CEISS), con sede en Salaiques y Aldama, Chihuahua, respectivamente.

En los últimos años las actividades de investigación y transferencia de tecnología se desarrollan bajo un proceso de “demanda tecnológica” en donde los productores se perfilan como el agente clave en los requerimientos de investigación y transferencia tecnológica al participar de manera importante en la toma de decisiones y administración de los recursos. Esta nueva orientación difie-

re de la tradicional “oferta tecnológica” en donde las instituciones y el investigador definen la política del proceso, marginando de la toma de decisiones a los productores.

La Facultad de Zootecnia ha participado activamente con Fundación Produce Chihuahua, A.C. en la aplicación de propuestas dirigidas a integrar las demandas tecnológicas de los productores a

través del concurso de proyectos de investigación y transferencia tecnológica dirigidos a la solución de problemas inmediatos de los productores. Es importante mencionar que varias de las propuestas de la Facultad de Zootecnia implican una interacción entre Fundación Produce Chihuahua, A.C. y CONACYT, considerando que en algunos proyectos los fondos para la operación provie-

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

nen principalmente del CONACYT, a los que se suman fondos concurrentes de Fundación Produce.

Los resultados de los proyectos de investigación, ya validados y adecuados a las condiciones particulares de las zonas, se difunden por diferentes medios. Dentro de las estrategias sobresalen la capacitación y actualización a técnicos y productores, demostraciones de campo, ferias y exposiciones, folletos y boletines de divulgación y programas de radio y televisión, entre otros medios.

Como ejemplos exitosos de transferencia de tecnología en la Facultad de Zootecnia se cita el proyecto "Programa Integral de Transferencia en Tecnología Geoespacial para el Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales en Chihuahua, México".

El desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos fueron un reflejo del creciente interés de productores, técnicos de servicios forestales, instancias del gobierno, instituciones de educación e investigación y otros usuarios de los bosques para utilizar este tipo de tecnología debido a sus ventajas en el análisis a detalle de los recursos naturales y el costo y tiempo para obtener la información relacionada con las variables importantes de las estructuras forestales. Además de la fase de instrumentación de programas, el proyecto contempló la transferencia tecnológica de los resultados y procedimientos derivados de las aplicaciones en investigación y desarrollo en tecnología geoespacial.

El proceso involucró diversas estrategias de transferencia, como: a) la impartición de 10 cursos-taller de capacitación con una asistencia promedio de 18 productores

y técnicos de los servicios forestales, para un total de asistencia de 180 usuarios; b) se impartió un Diplomado en Sistemas de Información Geográfica; c) se elaboraron 300 manuales en tres temas diversos relacionados con el uso de tecnología geoespacial en los programas de manejo y protección forestal; d) se seleccionaron y se trabajó en cuatro módulos demostrativos como apoyo a los cursos y talleres de transferencia tecnológica; e) se validaron procedimientos de mapeo en base a tecnología satelital, disponiendo de una base de mapas de Unidades de Manejo Forestal (UMF) en Chihuahua, y f) se validó y transfirió una tecnología de sitios a reforestar.

El proyecto contribuyó a una reconversión de los productores y servicios técnicos forestales hacia la utilización combinada de las tecnologías convencionales con la nueva tecnología geoespacial para atender las necesidades de información en los programas de manejo y protección forestal. También favoreció la interfase de los servicios técnicos forestales y organismos involucrados para facilitar el intercambio de información ligado a la toma de decisiones de manejo, protección y fomento de los recursos forestales.

La ganadería de Chihuahua en su camino a la modernización esta conciente de lo que significa una economía abierta, producto de la globalización de mercados en todas las regiones del mundo. Por lo tanto, el gremio ganadero apuesta por la adopción y validación de tecnología en busca de su competitividad, intensificando los sistemas de producción y diversificando las opciones de mercado para sus productos. Lo

anterior responde como alternativa para manejar la dependencia casi exclusiva del mercado tradicional representado por la exportación, que cada vez impone medidas más estrictas de seguridad, leyes y restricciones que lo convierten en mercado muy volátil, con una creciente incertidumbre.

Uso de subproductos de manzana para la alimentación del ganado

La utilización de desecho de la manzana ha recibido muy poca atención, a pesar de estar considerado como una fuente de energía barata, quizás debido a su alto contenido de humedad (70-80%). Tanto la manzana de desecho como los subproductos que aporta la industrialización de esta fruta representan una fuente potencial de alimento para los animales, con las ventajas de ser de bajo costo y de poseer nutrientes altamente fermentables por microorganismos como levaduras y bacterias. El aprovechamiento de los subproductos de la manzana para consumo animal no solo brinda una alternativa para los ganaderos, sino también para los fruticultores, a través de la comercialización de sus productos, y representa una opción para reducir la contaminación del ambiente.

Alternativas de para el control de problemas de erosión

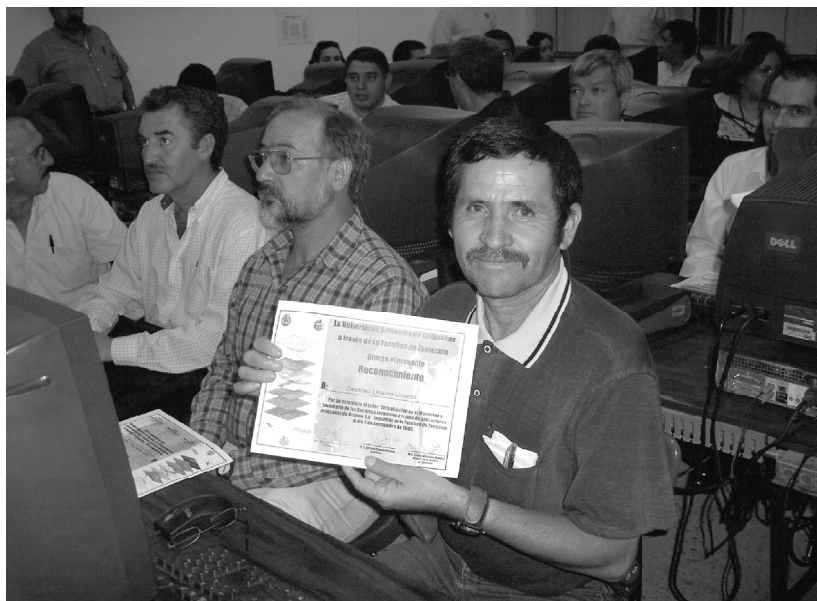
Uno de los problemas en el uso de los agostaderos en el estado de Chihuahua es el sobrepastoreo, que además de afectar la composición y cantidad de la vegetación repercute en la integridad del suelo, ocasionando graves problemas de erosión. Actualmente se mane-

jan varias alternativas para controlar la erosión hídrica del suelo y específicamente para el control de cárcavas, entre las que se encuentran presas de ramas, de malla de alambre, de morillos, de mampostería, de piedras acomodadas y de gaviones, principalmente. Una de las alternativas que se está evaluando en el rancho Teseachi de la Universidad Autónoma de Chihuahua es el establecimiento de una serie de presas de gaviones y de piedra acomodadas, con el fin de controlar el avance de las cárcavas ya formadas, restablecer su estabilización y evitar la formación de otras nuevas.


Prácticas de manejo del agostadero para su conservación y uso eficiente

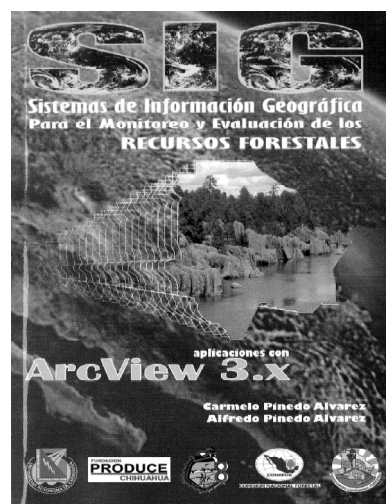
Gran parte de la superficie del estado de Chihuahua es pastizal. Independientemente del tipo de pastizal que encontramos en las regiones altas y frías, o en el semidesierto o matorrales, todos sufren de problemas comunes como la erosión por aire y agua, la sequía y el sobrepastoreo. Solucionar el problema de la sequía esta fuera de nuestro alcan-

Estrategias de transferencia de tecnologías:



a) Talleres de capacitación.

ce, pero el problema de la erosión, y sobre todo el del sobrepastoreo, si está en las manos de productores y técnicos. Algunas alternativas son la resiembra de especies deseables, mejorar la distribución del pastoreo mediante la distribución de agujeros, el uso del fuego para la renovación de los pastizales y control de arbustos y, tal vez una de las más importantes, la estimación de carga animal de un predio. 



b) Manuales de procedimientos.
c) Demostraciones de campo.

Entrevista a los doctores en ciencias Héctor Osbaldo Rubio Arias y Rubén Alfonso Saucedo Terán, autores del libro “Normas básicas en la redacción de artículos técnico-científicos”

CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA*

El Dr. Héctor O. Rubio A. es Investigador Titular C del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), donde ha laborado 29 años. Además es profesor de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) e instructor del “Taller de redacción de artículos científicos”, que ha impartido a maestros de diversas Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación de México. Es Ingeniero Agrónomo por la UACH, cuyo título obtuvo en el año de 1975. Posee una Maestría en Economía Agropecuaria por la UACH (1978) y obtuvo en 1988 el grado de Doctor en Filosofía por la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU). El Dr. Rubio es también autor de los libros “Estadística experimental práctica, útil y sencilla” (abril 2003) y “Filosofía y ciencia: Desarrollo tecnológico” (noviembre 2003), así como autor o coautor en alrededor de 40 artículos técnico-científicos. Entre algunos reconocimientos recibidos puede señalarse que es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), aparece en la lista de Expertos en Bioseguridad por la CONABIO y es Miembro del Consejo Editorial de la revista *TECNOCIENCIA-Chihuahua* (2006). Su ejercicio profesional incluye actividades de asesor técnico, maestro, investigador, conferencista, administrador y escritor.



El Dr. Rubén A. Saucedo T. es Investigador Titular del Campo Experimental “La Campana” del INIFAP, donde ha desempeñado su labor científica desde el año 1981. El Dr. Saucedo cursó la carrera de Ingeniero Zootecnista en la UACH, obteniendo su título de licenciatura en el año de 1980. Posee una Maestría en Ciencias, especialidad en Manejo de Pastizales y Ecología, grado que le otorgó la UACH en 1990. En el año 2002 obtuvo el Doctorado en Ciencias Ambientales por el Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados (CIMAV) en Chihuahua. Ha sido instructor del “Taller de redacción de artículos científicos”, curso que ha sido impartido en diferentes ocasiones a diversas IES y Centros de Investigación de México. En 1991 fue distinguido por el S.N.I. como Candidato a Investigador, recibiendo en el mes de enero de 2004 su nombramiento como Investigador Nacional Nivel I. Obtuvo, en el año 2002, el Primer Lugar del certamen de evaluación de trabajos presentados en el Simposio Internacional de Biotecnología Ambiental, evento organizado por la International Society of Environmental Science y que tuvo por sede al Instituto de Ecología, A.C., localizado en Veracruz, Ver. Ha publicado diversos escritos técnico-científicos y es Miembro del Comité Editorial de la revista *TECNOCIENCIA-Chihuahua* (2006).



* Jefe del Departamento de Investigación, Dirección de Investigación y Posgrado (Universidad Autónoma de Chihuahua). Campus Universitario 1, Chihuahua, Chih., C.P. 31170, Tel. (614) 439-1822, ext. 2213, fax (614) 439-1823, ext. 2209. crivera@uach.mx

¿Redactar escritos científicos es una tarea sencilla?

Una breve reflexión sobre el ampliamente conocido refrán que se dice entre los colegas investigadores es aquel que establece que “la ciencia que no se ve está muerta”, invita a cuestionarnos si como científicos contribuimos al desarrollo de la ciencia y comunicamos por escrito, de manera oportuna y eficaz, los resultados de la investigación. Además, vale la pena preguntarnos quiénes conocen, valoran y aplican los conocimientos generados de nuestra investigación, es decir, qué nivel de impacto tiene cada una de nuestras publicaciones.

De acuerdo con los autores de este libro, la cantidad de artículos publicados en nuestro país es baja en comparación con los EUA; por ejemplo, durante el periodo 1995-2000 los vecinos del norte publicaron en promedio 243,265 escritos científicos por año, mientras que en ese mismo periodo se publicaron en México aproximadamente 4,000 artículos por año; esto es, 1.6% respecto a los EUA. Tales cifras sugieren que los resultados obtenidos de muchos estudios no llegan a divulgarse en la comunidad científica por diversas razones; una de ellas probablemente se debe a la dificultad para redactar buenos artículos.

En la actualidad, escribir artículos originales que sean publicables en revistas arbitradas y que formen parte de las bases de datos bibliográficos especializadas de calidad internacional (índices de revistas) se ha convertido en un asunto de supervivencia, tanto para las instituciones como para los científicos. El reto para el investigador es generar proyectos de investigación financiados, enfocados a la solución de problemas, cuyos resultados sean publicados utilizando sus capacidades y herramientas disponibles. El libro que presentamos hoy es una valiosísima herramienta, ya que

ofrece a los estudiantes e investigadores ideas sencillas y consejos prácticos para desarrollar las habilidades de redacción de buenos artículos científicos, obviamente si se tienen resultados que valgan la pena.

¿Quiénes son los autores de este libro?

Señalan los autores del libro que ha sido muy enriquecedor para ellos, como instructores de sus cursos y talleres, estar activos publicando en revistas arbitradas e indexadas; ellos se definen a sí mismos como escritores “aprendiendo enseñando”.

¿Cómo y cuándo surgió el proyecto de escribir este libro?

Los doctores Rubio y Saucedo respondieron enfáticamente que “Todo empezó con una idea: organizar un taller de redacción técnica”. A principios del año 2004 nos reunimos con el Dr. Francisco Abelardo Núñez González, profesor de la Facultad de Zootecnia. Los tres colegas estábamos muy entusiasmados y teníamos un propósito en mente: ayudar a los profesores a mejorar la estructura de su manuscrito, asumiendo que los resultados de sus investigaciones eran publicables. En ese mismo año, motivados por el Ing. Javier Martínez, Director de la Facultad, se impartió el primer curso-taller

de redacción de artículos, que marca el momento en que concebimos la idea del libro sin pensarlo previamente; realmente fueron los mismos participantes del primero y siguientes seminarios quienes nos demandaban material impreso, y con ello provocaron el impulso que culminaría con la publicación que hoy está a su alcance. Los participantes en cada taller llevan los resultados de su investigación y están comprometidos a entregar un artículo listo para enviarse a una revista arbitrada y/o indizada; por lo tanto, leer el libro no necesariamente hace un experto autor científico, sino la práctica constante aplicando los principios y ejemplos descritos.

¿Qué puede esperar el lector de un libro como este?

Aunque el tipo de publicación depende de las normas editoriales establecidas por cada revista, vencer el miedo a escribir es todo un reto. Escribir en otro idioma ha sido también una limitante para algunos colegas. Como muchos investigadores, hemos experimentado tensión y temor de que el artículo enviado a una revista arbitrada sea rechazado. Hemos aprendido a tener templanza para no caer en la frustración por el hecho de que algún artículo no sea aceptado en una revista. Creemos

que cualquier estudiante, e incluso el investigador, desarrollarán gradualmente la habilidad para redactar buenos artículos y para manejar el miedo y la tensión que significa publicar en una buena revista. Esto lo han logrado la mayoría de los participantes en cada seminario por medio de las herramientas proporcionadas en este libro y la práctica que realizan dentro del mismo taller de redacción.

¿Cómo está organizado el contenido del libro?


Las características más sobresalientes de la presente obra para guiar al lector e interesado en la redacción de un artículo son: sencillez para exponer cada tema; pedagogía práctica para aprender a escribir cada sección, y el desarrollo gradual para ir de un tema simple a uno más complejo. En la introducción se describe brevemente el problema de redactar buenos artículos, a la vez que se presenta el reto que los autores nos fijamos y presentamos nuestra visión; además, se discuten los criterios para redactar artículos con altas posibilidades de ser aceptados en revistas arbitradas e indexadas; también se dan algunas sugerencias para seleccionar la revista cuyo factor de impacto sea alto. Finalmente se presenta en forma sucinta el contenido del libro, cuyos capítulos son los siguientes: “1. El artículo y sus características”; “2. Reglas y consejos para escribir una introducción”; “3. El título y el resumen”; “4. Revisión de literatura”; “5.

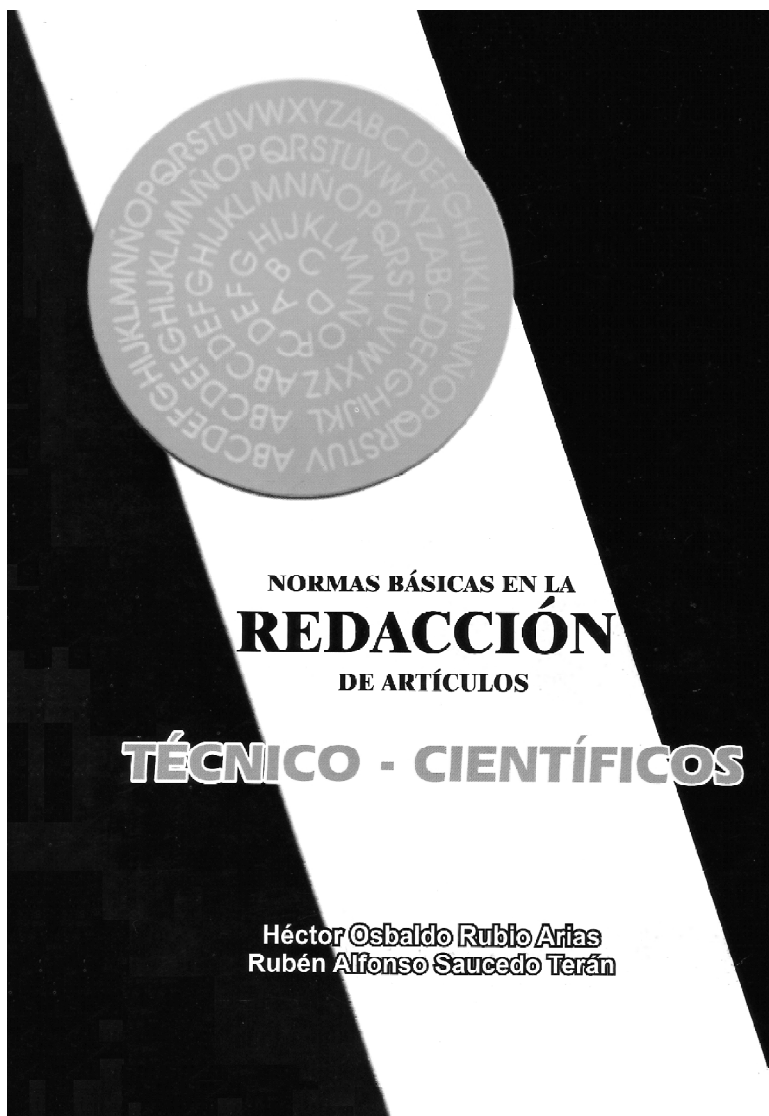
Materiales y métodos”; “6. Resultados y discusión”; “7: Normas ortográficas y gramaticales”, y “8. Sección de práctica”.

¿Cuáles son sus expectativas respecto a esta obra?

Consideramos que es un libro valioso y útil, por lo que esperamos sea bien aceptado entre los estudiantes, maestros e investigadores. Nos sentimos satisfechos de la obra, puesto que antes de su pre-

sentación oficial habían sido vendidas más de 100 copias. Por otro lado, se han recibido buenos comentarios y está siendo utilizado incluso por estudiantes de preparatoria. Creemos que los resultados observados sobrepasan nuestras expectativas.

La Universidad Autónoma de Chihuahua y la revista *TECNOCENCIA-Chihuahua* felicitan a los autores. 



Guía para autores de escritos científicos

Oficina del Editor

Para el envío de escritos científicos y de correspondencia dirigirse a:

Editor de la revista *TECNOCIENCIA-Chihuahua*.
Dirección de Investigación y Posgrado
Universidad Autónoma de Chihuahua
Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario
Chihuahua, Chihuahua, 31170
Fax (614) 439-1823
Correo electrónico: dip@uach.mx
crivera@uach.mx

Política editorial

Son bienvenidos manuscritos inéditos de tipo científico, tecnológico o humanístico, los cuales deberán estar escritos en un lenguaje accesible a lectores con formación profesional, atendiendo a los principios de: precisión, lógica y claridad. Los manuscritos serán sometidos a un estricto arbitraje, realizado por especialistas en el área del conocimiento, aplicando como criterios: *el rigor científico, la calidad y la precisión de la información, la relevancia del tema y la claridad del lenguaje*. Los árbitros prestarán especial atención a la *originalidad de los escritos*, es decir, revisarán que dicho manuscrito sea producto del trabajo directo del autor o autores y que no haya sido publicado o enviado algo similar a otras revistas. Los artículos deben presentar: un *análisis detallado de los resultados*, así como un *desarrollo metodológico original*, una *manipulación nueva del tema investigado* o ser de *gran impacto social*. De los trabajos basados en encuestas, solo se publicarán aquellos donde *se incluyan mediciones, organización, análisis estadístico, prueba de hipótesis e inferencia sobre los datos obtenidos del estudio*.

Lineamientos generales

Se aceptan manuscritos originales, producto de la creatividad del o los autores, cuyos resultados de investigación no hayan sido publicados (excepto como resumen de algún congreso científico) o estén en vías de publicarse en otra revista (nacional o internacional) o libro. El autor y coautores deberán firmar la carta de autoría aceptando las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial de la revista *Tecnociencia-Chihuahua*, especificando el nombre del autor responsable, a quien se dirigirá toda correspondencia oficial.

Los artículos serán escritos en español (el resumen también será escrito en inglés) y *su contenido puede ser cualquier tema relacionado con algunas de las áreas del conocimiento definidas previamente o que a juicio del Consejo Editorial 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 ésta sea adecuada y verificable por otros investigadores. *No se aceptarán artículos basados en pruebas de rutina, o cuyos resultados experimentales hayan sido obtenidos 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 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 anteriormente mencionadas, pero la carta de presentación, debidamente firmada por los autores, deberá remitirse por fax (614 439-1823 extensión 2209). Todo manuscrito deberá acompañarse con una carta de presentación firmada por todos los autores, en la cual deberá indicarse el orden de coautoría y el nombre del investigador responsable de la correspondencia con la revista; esta carta debe incluir datos completos de su domicilio, número de fax y dirección electrónica.

Formato

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

- a. Página de presentación.
- b. Resumen en español (con palabras clave en español).

- c. Resumen en inglés, *abstract* (con palabras clave en inglés, *keywords*).
- d. Texto (capítulos y su orden).
- e. Agradecimientos.
- f. Literatura citada.
- g. Cuadros y gráficas.

Página de presentación. Esta página no se numera y debe contener:

- a) Títulos en español e inglés, escritos en mayúsculas y minúsculas, letras negritas y centradas;
- b) Nombres de los autores en el orden siguiente: Apellido paterno e iniciales de los nombres de cada autor, acompañados de 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 Consejo Editorial se dirigirá solamente al autor responsable mencionado en la carta de autores y no se proporcionará información alguna a otra persona que lo solicite.

Título. Es indicador del contenido del artículo y, si está escrito apropiadamente, esto facilitará su indexación. Un buen título es breve (no más de 15 palabras), descriptivo e identificador del tema y propósito del estudio; al escribir el título deben elegirse palabras de gran impacto que revelen la importancia

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 aAreas in the north central region of the Sierra Madre Occidental of Chihuahua, Mexico

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ,¹ ALFREDO PINEDO ÁLVAREZ,²
REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ,¹ Y MARTÍN MARTÍNEZ SALVADOR³

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

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

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

del trabajo. Es recomendable evitar el uso de palabras o frases que tienen poco impacto y que no proporcionan información relevante sobre el contenido del estudio; como ejemplos pueden citarse: “Estudio de...”, “Influencia de la...”, “Efecto del...”, etcétera.

Resumen en español. Al leer un resumen, el investigador puede reconocer el valor del contenido del escrito científico y decidir si lo revisa todo; por lo tanto, el resumen proporciona valiosa información del estudio y también le facilita al lector decidir si lee todo el escrito. En la segunda página se debe incluir un resumen que no exceda las 250 palabras. En él se debe indicar la justificación y objetivos del estudio; dar una breve descripción de la metodología empleada; describir los resultados más relevantes y presentar datos numéricos importantes (ejemplo: “se observó un incremento de 15% en el rendimiento con la densidad de 60,000 plantas por hectárea”) y, de ser posible, enfatizar el significado estadístico. El resumen cierra con la conclusión general del trabajo.

Palabras clave. Después del resumen, en punto y aparte, escribir alfabéticamente de cuatro a seis palabras o frases cortas clave que ayuden a indexar y clasificar el trabajo de acuerdo a su contenido. Las palabras clave se publicarán junto con el resumen. Los nombres científicos 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 o no ser enviados para su revisión al Comité Editorial del área correspondiente.

1. Artículo original extenso

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

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

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

Introducción.

- a) Es importante resaltar el *tema* del que trata la investigación. Se recomienda iniciar esta sección redactando una o dos oraciones de carácter universal, que sirva al investigador como argumento científico al describir su trabajo. A continuación se cita un artículo, cuyo título es: “Olor penetrante y azúcares de cultivares de cebolla de días cortos afectados por nutrición azufrada”. Los autores empiezan con las oraciones siguientes: “El sabor en la cebolla (*Allium cepa*) depende de hasta 80 compuestos azufrados, característicos del género *Allium*, además de varios carbohidratos solubles en agua. La intensidad del sabor es determinada por el genotipo de la variedad de cebolla y el ambiente en que se cultiva”.
- b) También debe incluirse la *información previa y publicada* sobre el tema del estudio (antecedentes). Para orientar al lector es suficiente incluir referencias bibliográficas relevantes y recientes, en lugar de una revisión extensa de citas a trabajos viejos y de poca importancia sobre el tópico investigado. A continuación se presenta un ejemplo de cómo presentar cronológicamente las citas bibliográficas: “La existencia de variación genética dentro de los cultivares de cebolla ha sido demostrada para intensidad de sabor y contenido total de azúcares (Darbyshire y Henry, 1979; Bajaj *et al.*, 1980; Randle, 1992b)”.

- c) *Problema a resolver*. Con una o dos oraciones especificar el problema abordado, justificar la realización del estudio, o bien, enunciar la hipótesis planteada por el investigador, 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 \times 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 contribuir a resolver el problema definido o la pregunta planteada por el investigador. Esta parte de la introducción permitirá al lector ver si las conclusiones presentadas por el investigador son congruentes con los objetivos planteados al inicio del trabajo. Ejemplo: “Los objetivos de esta investigación fueron: *Evaluar cultivares* de cebolla de fotoperiodo corto, caracterizadas por su poco sabor y bajo contenido de carbohidratos solubles en agua, con niveles bajos y altos de azufre y *determinar la asociación* de dichas características con la fertilización”.

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

Si un procedimiento es ampliamente conocido basta con citar a su(s) autor(es); sin embargo, cuando el método seguido ha sido modificado, deben 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 ob-

tener los datos, análisis estadístico de los datos, técnica de comparación de medias, etcétera). 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, etcétera); es importante también identificar con precisión el género, especie y nombre del cultivar o raza utilizado en el estudio. Si se trata de material no vivo, por ejemplo suelo cultivado, proporcionar los datos taxonómicos para facilitar su identificación.

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

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

En la sección de *discusión*, los datos presentados en forma de cuadros y figuras son interpretados enfocando la atención hacia el problema (o pregunta planteada) definido en la introducción, buscando demostrar la validez de la hipótesis elaborada por el investigador. Una buena discusión puede contener: a) principios, asociaciones y generalizaciones basadas en los resultados; b) excepciones, variables correlacionadas o no y definición de aspectos del problema no citados previamente pero que requieren ser investigados; c) énfasis sobre resultados que están de acuerdo con otro trabajo (o lo contradicen), y d) implicaciones teóricas o prácticas.

Cuando la discusión se presenta en una sección separada, no debe escribirse como una recapitulación de los resultados, sino que debe centrarse en explicar el significado de ellos y explicar cómo proporcionan una solución al problema abordado durante el estudio. Cuando se comparan los resultados del 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 desprendan de los resultados de la investigación y que sean una aportación muy concreta al campo del conocimiento donde se ubica el estudio. No se numeran las conclusiones y al redactarlas debe mantenerse la congruencia con los objetivos del trabajo y el contenido del resumen.

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

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

1. Es recomendable que las referencias bibliográficas obtenidas sean preferentemente de: *Artículos originales* de revistas periódicas arbitradas, *capítulos o libros y manuscritos en extenso* (cuatro o más cuartillas) publicados en memorias de congresos científicos.
2. Al escribir una referencia, empezar con el apellido paterno 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 uti-

lizarán letras en referencias de los mismos autores y que fueron publicadas en el mismo año (2004a, 2004b, 2004c, etcétera).

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 originales de revistas científicas

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

Capítulos de libros

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

Libros

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

Memorias de congresos científicos

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

Boletín, informe, publicación especial

- HOAGLAND, D. R. and D. I. Arnon. 1980. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta. Circ. 347. 50 p.
- ALVARADO, J. 1995. Redacción y preparación del artículo científico. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial 2. 150 p.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 1981. Process design manual for land treatment of municipal wastewater. USEPA Rep. 625/1-77-008 (COE EM1110-1-501). U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. 60 p.

2. Nota científica

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

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

Como en el caso de un artículo extenso, la nota científica debe contener:

- a) título (español e inglés),
- b) autor(es),
- c) institución de adscripción del autor(es),
- d) resumen (en español e inglés),
- e) palabras clave (español e inglés).

El texto de una nota científica contendrá también la misma información señalada para un artículo extenso:

- f) introducción,
- g) materiales y métodos,
- h) resultados y discusión, e
- i) conclusiones);

sin embargo, su redacción será corrida de principio a final del trabajo; esto no quiere decir que sólo se supriman los subtítulos, sino que se redacte en forma continua y coherente. La nota científica también incluye el inciso j) literatura citada.

3. Ensayo científico

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

La estructura del ensayo contiene los incisos siguientes:

- a) Títulos (español e inglés),
- b) autor(es),
- c) institución de adscripción,
- d) resumen (español e inglés),
- e) palabras clave (español e inglés),
- f) introducción,
- g) desarrollo del tema,
- h) conclusiones, e
- i) literatura citada.

El tópico es analizado y discutido bajo el apartado *Desarrollo del tema*.

4. Revisión bibliográfica

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

Preparación de cuadros y figuras

Se recomienda insertar los cuadros y figuras, numerados progresivamente, en el lugar correspondiente del texto. Deberá incluirse por separado un archivo para los cuadros y otro para las figuras en formato *Excel*, con el propósito de editarlos en caso de ser requerido. Los títulos de los cuadros y/o figuras se escriben en letra Arial, negrita, a 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 líneas horizontales; las dos primeras sirven para separar los encabezados, mientras que la última, para cerrar la tabla. Las líneas verticales se usan también para dis-

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

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrado medio	F _c calculada	Significancia P > F _c
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	

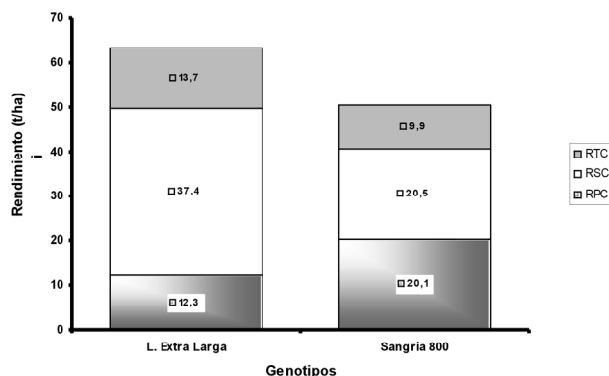
tinguir columnas de datos. A continuación se presenta un ejemplo de cuadros con información estadística (cuadro 1).

Figuras

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

Siempre que se incluyan figuras de línea o de otro tipo deben utilizarse símbolos bien definidos para evitar confusiones. Si se usan gráficas del tipo de barras o pastel, los rellenos deben ser contrastantes. En lo posible, las fotografías incluidas en el manuscrito deben ser en blanco y negro, en formato *tif* con 300 puntos de resolución y enviadas en un archivo electrónico separado (figura 1).

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



Abreviaturas de uso frecuente:

cal	Caloría (s)
cm	Centímetro (s)
°C	Grado centígrado (s)
DL50	Dosis letal 50%
g	Gramo (s)
ha	Hectárea (s)

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

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.

Autores y colaboradores

MARGARITA ORNELAS HICKS

La maestra Margarita Ornelas es Química Fármaco Bióloga por la Universidad de Guanajuato. Obtuvo también su maestría en Ciencias en Epidemiología Ambiental, programa del cual se gradúo con honores justamente con el trabajo que se presenta. Posee amplia experiencia en química analítica. Colabora desde hace varios años con la Secretaría de Salud a través del Laboratorio Regional de Salud Pública y es docente a nivel de pregrado en áreas relacionadas con su experiencia.

LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE

La licenciatura la cursó la doctora Sanín en la Universidad Nacional de Colombia, recibiendo el título de doctor en Medicina en 1976. En el año de 1980 terminó su programa de maestría en Salud Pública, otorgándole el grado el Instituto Nacional de Salud Pública (México). Obtuvo su doctorado en 1997, en la especialidad de Epidemiología Ambiental, por el Instituto Nacional de Salud Pública. Durante el periodo 2002-2004 realizó una estancia posdoctoral en el Departamento de Ciencias de la Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad de Toronto. La doctora Sanín posee una vasta experiencia en el área de epidemiología y ha trabajado como investigadora y/o docente en diversas instituciones, pudiendo citarse entre algunas las siguientes: Servicios Coordinados de Salud Pública en el Estado de Chihuahua (1988-1992); Comisión Nacional para la Erradicación del Paludismo en México (1981-1982); Organización Panamericana de Salud, en diversos países (1996-2000); Instituto Nacional de Salud Pública,

México (1994-2001), recibiendo el título de “Investigador Honorario”. Actualmente trabaja como profesora de tiempo completo en la Facultad de Enfermería y Nutriología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (desde 1982 a la fecha). Ha sido distinguida como miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.

ISABELLE ROMIEU

La doctora Isabelle Romieu es investigadora de los Centros para el Control de Enfermedades (CDC) de Estados Unidos e Investigadora del Instituto Nacional de Salud Pública. Cursó su carrera de medicina en la Universidad de Montpellier (Francia). Realizó estudios de maestría y doctorado en Epidemiología Ambiental en la Universidad de Harvard, campo de investigación en el cual es pionera en América Latina. Ha sido consultora de la Organización Panamericana de la Salud. Es Académica de Número de la Academia Mexicana de Medicina; además es Investigadora Nacional Nivel III. Ha sido profesora de cientos de alumnos de los niveles de maestría y doctorado y ha publicado varios libros y artículos originales en las revistas científicas más destacadas de su área. Es evaluadora del CONACYT.

FERNANDO DÍAZ BARRIGA

El doctor Fernando Díaz-Barriga es Toxicólogo jefe del laboratorio de su área en la Universidad de San Luis Potosí y el experto número 1 en evaluación de riesgo en nuestro país, consultor de ADRC y de la EPA, con cientos de publicaciones y alumnos formados. Se destaca sobre todo por el interés en ayudar y

apoyar la investigación en salud ambiental en todo México y América Latina. Su laboratorio está inscrito en los programas de control de calidad internacionales.

SANDRA ALICIA REZA LÓPEZ

La maestra Sandra Reza cursó su carrera profesional en la Facultad de Enfermería y Nutriología (Universidad Autónoma de Chihuahua), graduándose en 1998 como licenciada en Nutriología de manera sobresaliente y con honores. Cursó sus estudios de maestría en Ciencias en el Instituto Nacional de Salud Pública, enfocando su especialidad en el área de Nutrición. Obtuvo su grado de maestría en Ciencias (2001), recibiendo una mención honorífica por su excelente desempeño académico. Como profesora de la Facultad de Enfermería y Nutriología, ha impartido cursos en los niveles de licenciatura y posgrado, siendo sus áreas de especialización nutrición experimental, epidemiología y estadística. Su actividad científica ha sido muy prolífica, evidenciada por su participación en congresos nacionales e internacionales, así como por las publicaciones arbitradas en su área (como autora y coautora). Ha sido también directora de varios proyectos de investigación en el área de salud pública, incorporando y titulando a estudiantes de la Facultad de Enfermería y Nutriología, contribuyendo así a la formación de futuros investigadores. Además de las menciones honoríficas recibidas al término de sus estudios de licenciatura y posgrado, ha sido distinguida y certificada como Antropometrista, Niveles 1 (2003) y 2 (2004), por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Actualmente realiza sus estudios de doctorado en la Universidad de Toronto, Canadá, programa que inició en otoño 2005.

CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA

En el año de 1972 le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo por la Escuela de Agronomía, Universidad Autónoma de Chihuahua (hoy Facultad de Cien-

cias Agrícolas y Forestales). Posee una maestría en Ciencias, especialidad Genética, grado otorgado en 1977 por el Colegio de Posgraduados (Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México). También recibió el grado de Master of Sciences (1991), especialidad Horticultura; así como el doctorado en Ciencias (1998), ambos otorgados por la New Mexico State University (NMSU), éste último grado con orientación hacia las Ciencias Biológicas y Estadística. El doctor Rivera ha sido profesor por más de 35 años, realizando su labor docente y de investigador para instituciones de educación superior como: Departamento de Zonas Áridas (Universidad Autónoma Chapingo), Facultad de Agrobiología (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo), Facultad de Agronomía (Universidad Autónoma de Nuevo León) y diversas facultades de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Trabajó como Investigador "A", en la Unidad Cuauhtémoc del Centro de Investigación para Alimentación y Desarrollo (CIAD). Colaboró como Asistente de Investigación, Nivel III, en diversos proyectos cooperativos entre NMSU, USDA y EPA. Ha sido autor y coautor de artículos científicos (ciencia agropecuaria, agrociencia, fitotecnia, entre algunas), resúmenes, ponencias y carteles presentados en congresos nacionales e internacionales. Su experiencia profesional incluye tareas tales como técnico, docente, asesor de tesis (licenciatura, maestría y doctorado), investigador, árbitro de artículos, evaluador de proyectos sometidos al CONACYT, conferencista, administrador y gestor del posgrado y/o de investigación.

HÉCTOR JANACUA VIDALES

Cursó su licenciatura de Médico Veterinario Zootecnista en la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, recibiendo su título en junio de 1990. Terminó su maestría en Ciencias, especialidad en Producción Animal (1993), en el Colegio de Graduados de la Universidad Autónoma Agrá-

ria Antonio Narro. En julio de 1999 obtuvo el grado de Doctor In Philosophy, especialidad Nutrición Animal, por la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Durante el periodo 1999-2000 realizó una estancia posdoctoral en el Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria (Universidad de Zaragoza España). El doctor Janacua fue investigador del Centro de Investigación para la Alimentación y Desarrollo (CIAD) y profesor del Instituto Regional de Cuauhtémoc, Chihuahua. Recientemente fue aceptado como miembro del Sistema Nacional de Investigadores, en la categoría de Candidato. Actualmente labora como profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Sus áreas de especialización son: nutrición animal, ganado lechero, ciencia de la leche e inocuidad.

ALMA DELIA ALARCÓN ROJO

La doctora Alarcón es profesora de tiempo completo en la Facultad de Zootecnia y realiza sus proyectos de investigación en el Departamento de Tecnología de Productos de Origen Animal de la misma Facultad. En 1978 obtuvo su título de Ingeniero Químico en Alimentos por la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Posee el grado de Master of Sciences, especialidad en Ciencias de la Carne, que le fue otorgado en 1983 por la University of Nottingham (Inglaterra) También realizó sus estudios de doctorado, obteniendo en 1990 su grado en la especialidad de Ciencias de la Carne por la University of Bristol. Ha realizado estancias internacionales en los países siguientes: Inglaterra, España, Hungría, EUA, Alemania y Colombia. Por su brillante trayectoria profesional, la doctora Alarcón ha recibido varias distinciones, entre ellas las siguientes: es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I; Profesor con Perfil Promep II; miembro del Comité de Ciencias Biológicas, Biomédicas y Bioquímicas de los programas de Posgrado del CONACYT (1998-2001); es Evaluadora de Proyec-

tos de Investigación del CONACYT-Ciencia Básica, Fundación Produce, Fondos Mixtos y Fondos Sectoriales del CONACYT y CYTED-España. Es miembro del jurado del "Premio Chihuahua" en el área Tecnológicas. Se ha hecho acreedora a la beca al Desempeño Académico de 1995 a la fecha. Su labor científica ha sido muy prolífica, ya que ha publicado 25 artículos arbitrados, 18 de divulgación, 54 resúmenes en congresos, cuatro capítulos en libros, 58 memorias en extenso y ha dirigido tesis (cuatro doctorado, 16 maestrías y una licenciatura). Sus áreas de especialización son bioquímica del músculo, calidad de la carne y sus productos y evaluación sensorial de alimentos.

CRISTINA PÉREZ LINARES

Labora desde 1999 como profesora de tiempo completo en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ocupando la categoría de Académico Titular C. Cursó la licenciatura en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, recibiendo en 1992 el título de Ingeniero Zootecnista. Posee la maestría en Ciencias en Producción Animal, otorgada por la Universidad Autónoma de Chihuahua en el año de 1995. El grado de Doctor in Philosophy le fue otorgado en 1998 por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ha escrito más de 10 publicaciones en revistas arbitradas y ha presentado más de 10 ponencias en congresos científicos. Su principal área de especialización es ciencias de la carne.

JOSÉ ARTURO GARCÍA MACÍAS

El doctor García cursó su licenciatura en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), obteniendo el título de Ingeniero Zootecnista en 1981. La Facultad de Zootecnia de la UACH le otorgó en 1986 el grado de maestría en Ciencias, especialidad Producción Animal. Obtuvo su doctorado en Veterinaria (1995), grado que le fue otorgado por la Universidad Autónoma de Barcelo-

na, España. Desde 1989 está adscrito al posgrado de la Facultad de Zootecnia (UACH), y posee la plaza de Académico Titular C. También trabajó para la Escuela de Agronomía y Zootecnia (Universidad de Guanajuato) y para el Grupo Alpha, en ambas instituciones estuvo realizando tareas en el área de industrialización de la carne. La principal área de especialización del doctor García es la tecnología de productos de origen animal. Su experiencia laboral incluye actividades docentes, de investigación, técnicas, administrativas, de divulgación, entre algunas. Actualmente es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.

JOSÉ LUIS IBAVE GONZÁLEZ

El doctor Ibaive cursó la licenciatura de Ingeniero Químico Bromatólogo en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo su título profesional en el año 1978. Sus estudios de posgrado los realizó en el Food Science & Technology Department, University of Manitoba, cuya sede se encuentra en Winnipeg, Manitoba, Canada; en 1981 se le otorgó el grado de Master of Science en la especialidad de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Realizó estudios de doctorado en el Agricultural & Chemical Engineering Department de la Colorado State University; dicha institución le otorgó en 1984 el grado de Doctor in Philosophy, con un mayor en Ingeniería Química y el menor en Alimentos. Actualmente realiza sus labores docentes como Profesor Titular C en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH, ocupando también el cargo de Secretario de Investigación y Posgrado.

MANUEL OCHOA ALCALÁ

En el año 2003 recibió el título de Ingeniero Químico Bromatólogo, que le fue otorgado por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), institución donde cursó sus estudios de licenciatura. Estuvo inscrito en el progra-

ma de posgrado de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH, obteniendo su grado de maestría en Ciencias de la Productividad Frutícola en el año 2006.

JUAN OSCAR OLLIVIER FIERRO

El doctor Ollivier se tituló en 1973 como Ingeniero Industrial, graduándose del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Obtuvo una maestría en Automatismo Industrial, grado que le fue otorgado en 1978 por el Polytechnique de Toulouse Francia. Realizó estudios de posgrado en el Conservatoire (CNAM) de París (Francia), especializándose en el área de Tecnología y Sociedad. Realizó estudios de doctorado en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obteniendo en el año 2002 su grado de Doctor en Ciencias, especialidad Administración. Trabajó 15 años para la empresa Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril (CNCF), cuyo nombre actual es Bombardier, donde ocupó diversos cargos en México y en el extranjero. Posee un certificado de consultor empresarial independiente, y sus labores de consultoría incluyen investigaciones y asesorías en la elaboración de proyectos en el campo empresarial industrial y social. Desde el año 1992 labora como profesor en la Universidad Autónoma de Chihuahua, impartiendo, entre algunas materias, el curso Gestión de la Tecnología e Innovación. El Dr. Ollivier tiene publicados un capítulo de un libro y 12 artículos en revistas especializadas, la mayoría de éstos en el área de industria manufacturera. Durante su trayectoria profesional ha recibido algunas reconocimientos, entre algunos los siguientes: Profesionista del año 2003, otorgado por el Gobierno del Estado de Chihuahua; Primer Lugar en V Premio Nacional de Trabajos de Investigación para Académicos, otorgado por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración (ANFECA), con el trabajo titulado "La tecnología en los procesos administrativos como factor clave". Actualmente ocupa el cargo de Presi-

dente del Colegio Nacional de Ingenieros Industriales Sección Chihuahua.

HUMBERTO BLANCO VEGA

El maestro Blanco cursó su licenciatura en la Escuela Libre de Psicología (ELP), obteniendo en 1987 su título de licenciado en Psicología. En el año de 1993 le fue otorgado el grado de maestría por la ELP, enfocando sus estudios hacia el área de la Psicología Social y de las Organizaciones. Desde el año 1993 labora en la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte (Universidad Autónoma de Chihuahua). Su área principal de especialización es innovación educativa e investigación.

MARTHA ORNELAS CONTRERAS

La maestra Ornelas realizó su carrera de licenciado en Psicología en la Escuela Libre de Psicología, otorgándosele su título profesional en 1987. Ingresó al programa de posgrado de la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte (FEFCD) de la Universidad Autónoma de Chihuahua, recibiendo en 1998 el grado de maestría en Ciencias del Deporte, opción Psicología. En el año 1998 se incorporó a la planta docente de la FEFCD, labor que viene desempeñando desde entonces y se ha especializado en los campos de la innovación educativa y adulto mayor.

FRANCISCO MUÑOZ BELTRÁN

El doctor Muñoz cursó la licenciatura en Educación Física en la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte (FEFCD), Universidad Autónoma de Chihuahua, otorgándosele su título en 1989. Los estudios de doctorado los realizó en el Instituto Superior de Cultura Física "Comandante Manuel Fajardo", Ciudad de la Habana (Cuba), recibiendo su grado de doctor en Ciencias Pedagógicas en el año 2002. Desde el año 1986 labora para la FEFCD de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Su área de especialización actual es la innovación educativa e investigación.

FERNANDO MONDACA FERNÁNDEZ

En el año 2001, el maestro Mondaca obtuvo su título de licenciado en Educación Física, realizando sus estudios profesionales en la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte (FEFCD) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Además, en el año 2004 se hizo merecedor al grado de maestría en Ciencias del Deporte, opción Administración, que le fue otorgado por la FAEFCD de la máxima casa de estudios del estado de Chihuahua. Labora en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente trabaja como maestro investigador de la UACH, plaza que ha ocupado desde el año 2005. Se ha especializado en el área de innovación educativa e investigación.

JUDITH MARGARITA RODRÍGUEZ VILLALOBOS

La maestra Rodríguez cursó la licenciatura en la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte (FEFCD) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo su título de licenciada en Educación Física en el año 2003. Los estudios de maestría los realizó en la FEFCD de la UACH, otorgándosele en el año 2006 el grado de maestría en Ciencias del Deporte, opción Biología. Desde el año 2005 labora para la UACH, siendo su campo principal de especialización la innovación educativa y fisiología del ejercicio.

JESÚS ENRIQUE PEINADO PÉREZ

En el año 1986 le fue otorgado su título de licenciado en Psicología por la Escuela Libre de Psicología, institución donde terminó sus estudios profesionales. Realizó estudios de posgrado en la FEFCD de la UACH, recibiendo en el año 1996 el grado de maestría en Ciencias del Deporte, especialidad Psicología. A partir del año 1979 trabaja para la FEFCD (UACH) y se ha especializado en el área de innovación educativa, diseño y evaluación curricular.

MARÍA DEL CARMEN ZUECK ENRÍQUEZ

La maestra Zueck realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Enfermería y Nutriología (FEN), Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH); en 1986 obtuvo el título de licenciada en Enfermería. Sus estudios de posgrado los realizó en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo en 1991 su grado de maestría en Administración de Recursos Humanos. Desde el año 1980 labora para la UACH y su campo de especialización es la innovación educativa, diseño y evaluación curricular.

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ

El doctor Pinedo obtuvo en 1978 el título de Ingeniero Zootecnista, que le fue otorgado por la Facultad de Zootecnia (FZ) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), institución donde cursó su licenciatura. Realizó estudios de posgrado en la Facultad de Contaduría y Administración de la UACH, obteniendo en 1986 el grado de maestría en Manejo de Recursos Humanos. En el año de 1998 finalizó su programa doctoral en la Facultad de Zootecnia de la UACH, otorgándosele el grado de Doctor in Philosophy, especialidad en Manejo de Recursos Naturales. Labora en la UACH desde 1999 y posee la categoría de Académico Titular C. Es autor y/o coautor de artículos arbitrados publicados en revistas nacionales e internacionales indexadas; ha participado como ponente en congresos científicos del país y del extranjero; forma parte de comités de evaluadores de proyectos de investigación y programas educativos. Como profesor, ha dirigido numerosas tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Durante su vida profesional ha sido distinguido con diversos reconocimientos por su labor científica. Sus áreas de especialización son el monitoreo de recursos naturales y sistema de información geográfica.


ALFREDO PINEDO ÁLVAREZ

Tiene una licenciatura de Ingeniero en Ecología (Universidad Autónoma de Chihuahua, 2002) y una maestría en Manejo de Recursos Naturales (Universidad Autónoma de Chihuahua, 2004). Actualmente estudia doctorado en Producción Animal en la Universidad Autónoma de Chihuahua.

REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ

Obtuvo su licenciatura como Ingeniero Zootecnista por la Universidad Autónoma de Chihuahua en 1984 y una maestría en Manejo de Recursos Naturales en 1989. Labora en la Universidad Autónoma de Chihuahua en manejo de recursos humanos.

MARTÍN MARTÍNEZ SALVADOR

Realizó sus estudios de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Autónoma de Chapingo (1997) y obtuvo su maestría en Ciencia Forestales por la Universidad Autónoma de Chapingo (2000) y un doctorado en Uso y Manejo de Recursos Naturales en CIBNOR, (2005). Labora en INIFAP en manejo de recursos forestales. 

TECNOCIENCIA Chihuahua

Comités Editoriales por áreas

Alimentos

Dra. Ana Cecilia González Franco / Dra. María Duarte-Gardea / Dr. Victor M. Guerrero Prieto
Dr. Carlos Villalobos / Dr. Roque G. Ramírez Lozano / Dr. Sergio A. Soto-Navarro / Dr. Juan N. Guerrero
Dr. Erasmo Gutiérrez Ornelas / Dr. Agustín Rascón Chu / Dr. Eduardo Casas / Dr. Mario Valenzuela Vázquez
Dr. Emilio Álvarez Parrilla / Dr. Elhadi Yahia Kazuz / Dr. José Alvaro Anchando Nájera / Dr. Edgar Oviedo Rascón
Dr. Francisco Zavala García

Salud y Deporte

Dra. Luz Helena Sanin Aguirre / Dra. María Duarte-Gardea / Dr. Oscar Torres Alanís
Dr. Mariano Enrique Cebrián García / Dr. Mario César Salinas Carmona
Dra. Virginia Guadalupe Nevárez Moorillón / Dra. María Alejandra Moreno García

Economía y Administración

Dr. Juan Oscar Ollivier Fierro / Dr. José Eduardo Magaña Magaña / Dr. Antonio Ríos Ramírez
Dra. Ereny Hadjigeorgalis / Dr. Tonatiuh Nájera Ruiz / Dra. Constance L. Falk
Dr. Ramón Guadalupe Guajardo Quiroga / Dr. Guillermo Gándara Fierro

Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable

Dr. Concepción Luján Álvarez / Dr. Rubén A. Saucedo Terán / Dr. Israel Cantú Silva
Dr. Marcos Lizárraga Escobar / Dr. Eduardo J. Treviño Garza / Dra. María Teresa Alarcón Herrera
Dr. Alfredo Granados Olivas / Dra. Judith Virginia Ríos Arana / Dr. Jesús Miguel Olivas García
Dr. Victoriano Garza Almanza

Ingeniería y Tecnología

Dra. María de Lourdes Villaba / Dra. Florinda Jiménez Vega / Dra. Laura A. De la Rosa Ardilla
Dr. Erasmo Orrantía Borunda / Dr. Luis Edmundo Fuentes Cobas / Dr. Ignacio R. Martín Domínguez
Dr. José Alberto Duarte Moller / Dr. Quintín Rascón Cruz / Dr. Enrique Durán Páramo / Dr. Fernando Cadena-C.

Educación y Sociedad

Dr. Luis César Santiesteban Baca / Dr. Alberto Camacho Ríos / Dr. Alfredo De la Torre Aranda
Dra. Lois Stanford / Dr. Neil Harvey / Dr. Luis Colmenero Sujo / Dr. Fernando Mireles García
Dr. Gustavo Viniegra G. / Dr. Alfredo Granados Olivas / Dr. Pablo Vázquez



Mural "La educación, Chihuahua y la humanidad"
Taller de Producción Plástica Mazare, 2004
Edificio de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería UACh

