

TECNOLOGÍA CIENCIA

Chihuahua

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



Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México

Fotos: Mayra Denisse Herrera



Raleo químico de flores de manzano (*Malus x domestica* Borkh.) 'Golden Delicious' y 'RedChief Delicious'



Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México

Foto: Alirio Oyarzun



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

M.C. JESÚS ENRIQUE SEÁÑEZ SÁENZ
Rector

M.D. SAÚL ARNULFO MARTÍNEZ CAMPOS
Secretario General

LIC. SERGIO REAZA ESCÁRCEGA
Director de Extensión y Difusión Cultural

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

DR. ALEJANDRO CHÁVEZ GUERRERO
Director Académico

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

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

TECNOCIENCIA
Chihuahua

Comité Editorial Interno

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA
Editor en Jefe

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

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

Editores Asociados

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

DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ
DR. JAVIER TARANGO ORTIZ

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

Consejo Editorial Internacional

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

DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Colegio de Posgraduados, México

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

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

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

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

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

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ
Instituto Politécnico Nacional, México

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

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

DRA. ANGELA BEESLEY
University of Manchester, Reino Unido

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

DR. RICARD GARCÍA VALLS
Universitat Rovira I Virgili, España

DR. LUIZ CLOVIS BELARMINO
Faculdade Atlantico Sul, Brasil

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen VI, Número 3, Septiembre-Diciembre 2012. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. Número de Reserva al Título en Derecho de Autor: 04-2007-0326610180900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13868. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11441. Clave de registro postal PP08-0010. Domicilio de la publicación: Edificio de la Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario I, C.P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Oficina responsable de la circulación: Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I, C.P. 31170. Imprenta: Impresora Standar, Ernesto Talavera No. 1207, Teléfono 416-7845, Chihuahua, Chih. Tiraje: 1,000 ejemplares.

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

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

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

Contenido

Definición de la revista I

Editorial II

El científico frente a la sociedad

El posgrado en enfermería de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Su génesis y reconocimiento de excelencia

Orvilia Molina-Seáñez
Leticia Moriel-Corral
Angélica María Armendáriz-Ortega
Elsa Hinojos-Seáñez

142

Alimentos

Raleo químico de flores de manzano (*Malus x domestica* Borkh.) 'Golden Delicious' y 'RedChief Delicious'

David Ignacio Berlanga-Reyes
Claudio Rios-Velasco
Alejandro Romo-Chacón
Víctor Manuel Guerrero-Prieto

147

Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México

Mario René Ávila-Marioni
Juan Luis Jacobo-Cuellar
Rigoberto Rosales-Serna
José de Jesús Espinoza-Arellano
Horacio González-Ramírez
Arnulfo Pajarito-Ravelero

158

Contribución de tres modelos en pruebas sensoriales de diferencia

Yamila Álvarez-Coureaux
Ada Manresa-González

165

Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable

Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México

Julio César Ríos-Saucedo
Luis Manuel Valenzuela-Núñez
Miguel Rivera-González
Ramón Trucíos-Caciano
Gabriel Sosa-Pérez

174

Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México

Oscar Alejandro Viramontes-Olivas
Víctor Manuel Reyes-Gómez
Alfredo Rangel-Rodríguez
Carlos Ortega-Ochoa
Ricardo A. Soto-Cruz
Javier Camarillo-Acosta
Toutcha Lebgue-Keleng

181

Definición de la Revista *TECNOCENCIA Chihuahua*

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

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

Objetivos

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

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

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

Visión

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

Tipos de escritos científicos

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

A quién se dirige

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

Editorial

Las enfermeras y los enfermeros han asumido la responsabilidad de desarrollar su campo disciplinar a través de la educación y la investigación, especialmente en las últimas décadas. El manuscrito *"El posgrado en enfermería de la Universidad Autónoma de Chihuahua: su génesis y reconocimiento de excelencia"* detalla el origen y evolución de la Maestría en Enfermería que ofrece nuestra universidad. El artículo explica el desarrollo de este programa educativo, considerado como uno de los de mayor prestigio del país. Actualmente es reconocido con el Nivel Consolidado por el Programa Nacional de Posgrados de Calidad SEP-Conacyt.

El raleo en manzano es una práctica común en Chihuahua, aunque no se lleva a cabo de una manera eficiente ni oportuna. En el artículo *"Raleo químico de flores de manzano (*Malus x domestica* Borkh.) 'Golden Delicious' y 'Red Chief Delicious'"*, se analiza el desempeño de diversos compuestos asperjados durante la floración. Los autores encontraron que los tratamientos cal-azufre y ácido naftalenacético son las mejores opciones de raleo químico, sin que ocurra una reducción de la producción de manzana, y obteniéndose, al mismo tiempo, frutos de mayor tamaño.

En este fascículo se presenta además el interesante artículo *"Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México"*. Aquí, los autores analizan el beneficio de utilizar semilla de calidad en diferentes ambientes potenciales bajo condiciones de temporal. En la encuesta que realizaron a 496 productores de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, se recabó información que sugiere la viabilidad de utilizar semilla certificada en la siembra de frijol en esta región. La conclusión se basa en estudios donde se manifiesta la ganancia marginal que se obtiene en las siembras donde se utiliza semilla certificada de calidad, comparándose con aquellos casos donde la semilla no es certificada.

En el artículo *"Contribución de tres modelos en pruebas sensoriales de diferencia"*, las autoras puntualizan las diferencias encontradas al conducir diversos protocolos para la evaluación sensorial de alimentos, así como la contribución de cada uno de ellos y la importancia del uso de la estadística binomial para analizar las mediciones sobre estas pruebas.

En la sección de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, encontrará el artículo *"Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México"*, en el cual se plantea la posibilidad de establecer un sistema silvopastoril en zonas degradadas. En el estudio se realizó la siembra de pasto buffel y plantación de chamizo, observándose que esta última mostró una sobrevivencia de 63.9% a los 150 días después de la plantación; por otro lado, se incrementó la productividad del pasto buffel gracias al establecimiento de sistemas de captación de agua.

Finalmente, también se publica el artículo *"Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México"*, donde los autores comprobaron el impacto ecológico de las gramíneas, nativas e introducidas, para la conservación del suelo y mejora de la capacidad de infiltración del agua en esta cuenca.

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

El posgrado en enfermería de la Universidad Autónoma de Chihuahua: su génesis y reconocimiento de excelencia

The nursing graduate program of the Autonomous University of Chihuahua: its genesis and recognition of excellence

ORVILIA MOLINA-SEÁÑEZ^{1,2}, LETICIA MORIEL-CORRAL¹,
ANGÉLICA MARÍA ARMENDÁRIZ-ORTEGA¹ Y ELSA HINOJOS-SEÁÑEZ¹

Resumen

El programa de Maestría en Enfermería, como parte del posgrado de la Facultad de Enfermería y Nutriología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), nació para fortalecer la formación disciplinar y metodológica de las enfermeras y enfermeros. Fue aprobada en el año 2003 según consta en el Acta N° 414 del Consejo Universitario de la UACH. Inicialmente, contó con un cuerpo académico de siete docentes con grado de maestría. Este programa profesionalizante, con cuatro áreas de profundización, es el único de este nivel en la región noroeste del país, factor decisivo para lograr su registro en el Programa Integral de Fortalecimiento al Posgrado (PIFOP 1.0 y/o 2.0) en el año 2004. La incorporación de este programa al Padrón Nacional de Posgrado (PNP) fue alcanzada en el año 2006 al obtener el dictamen de Posgrado de Alto Nivel, lo cual significó un reconocimiento público a su calidad. El programa se ha mantenido a la vanguardia por su modelo educativo y cuenta con un sólido prestigio, factores que influyen para mantener la demanda de estudiantes locales y de varias entidades del país. Además, la Maestría en Enfermería de la UACH cumple con los requisitos para mantener el reconocimiento como programa incluido en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT, entre otros: tener núcleos académicos básicos, altas tasas de graduación, infraestructura necesaria y alta productividad científica y tecnológica. En 2011, el programa de Maestría en Enfermería recibió el Nivel Consolidado en el Padrón Nacional de Posgrado para el periodo 2011-2016.

Palabras clave: PNP, educación, profesionalización en enfermería, programa profesionalizante.

Abstract

The Master of Nursing, as part of the Graduate Program of the Nursing and Nutrology in the Autonomous University of Chihuahua (UACH), was created to strengthen the disciplinary and methodological training of nurses. It was approved in 2003 as stated in Record No. 414 UACH University Council. Initially featured an academic staff of seven teachers with master's degree. This professionalizing program with four areas of deepening is the only one of this level in the northwest region of the country, a key factor to achieve registration in the Strengthened Integral Program of Graduate (PIFOP 1.0 and / or 2.0) in 2004. The addition of this program to the National Graduate Register (PNP by its Spanish acronym) was reached in 2006 when obtaining the opinion of High Level Graduate, which meant a public recognition of its quality. The program has been at the vanguard of its educational model and has a solid reputation, factors influencing demand to keep local students and students from several states of the country. In addition, the Master program of Nursing meets the requirements to maintain recognition as a program included in the National Quality Graduate of CONACYT, among others, have basic academic core, high rates of graduation, infrastructure and high scientific and technological productivity. In 2011, the Master Program of Nursing received the consolidated level in the National Graduate Register for 2011-2016.

Keywords: PNP, education, professionalization in nursing, professionalizing program.

¹ Facultad de Enfermería y Nutriología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Vial Universitario, Campus Universitario 2. C.P. 31110 Chihuahua, Chih., México. Tel. (614) 238 60 48 Ext. 4833.

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

Introducción

El programa de Maestría en Enfermería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), desde sus inicios ha tenido como objetivo fortalecer la calidad de la educación de los profesionales de la enfermería en áreas diversas, en atención a una de las líneas de acción del Programa Nacional de Salud 2001-2006. En este documento se explicitó la oportunidad de diseñar políticas para la inversión del capital humano, planeando su desarrollo y tomando en cuenta las necesidades concretas de salud, como corresponde a la Maestría en Enfermería; toda vez que los profesionales que radican en la región noroeste del país contaron con un programa nacional que les permitió seguir avanzando en el proceso de profesionalización académica dentro de la disciplina.

Asimismo, respondió a las políticas de la Secretaría de Educación Pública en el Programa de Mejoramiento del Profesorado, que establece que los profesores de las universidades deben contar con el grado preferencial de Maestro, que les permita desarrollar la investigación, ofreciendo para ello un programa de becas en apoyo de los mismos para alcanzar este objetivo. En este mismo sentido, en sus propuestas, la Federación Mexicana de Asociaciones de Facultades y Escuelas de Enfermería (FEMAFEE), ha venido promoviendo el impulso de los programas de posgrado en enfermería, con el objeto de preparar a docentes y enfermeras de las instituciones de salud, que redunde en el mejoramiento de la docencia, la práctica y la investigación de la disciplina (FEMAFEE, 2002).

A este panorama se sumó la existencia de una solicitud de apoyo para la ampliación de la oferta educativa con el Programa de Maestría en Enfermería ante el Consejo Estatal para la Planeación de la Educación Superior (COEPES).

Lo anterior fue reforzado por el prestigio de la Facultad de Enfermería y Nutriología de la Universidad Autónoma de Chihuahua como una entidad pionera en la formación de licenciados en enfermería en el país desde 1977. Estos factores aseguraron el impacto de la iniciativa de creación del programa de Maestría en Enfermería. El programa fue registrado en la prospectiva aprobada por la Secretaría de Educación Superior e Investigación Científica (SEIC) para iniciar en agosto de 2003.

Génesis del programa Maestría en Enfermería

El programa de Maestría en Enfermería inició con una investigación de mercado realizada en marzo de 1999, en el que profesionales distinguidos a nivel nacional, empleadores y egresados evidenciaron la factibilidad del mismo. Para ello, se emprendieron algunas acciones, entre las que destaca la formación de siete docentes para obtener el grado de Maestría en Enfermería, a través de un convenio con la Universidad de Nuevo México, en Albuquerque, EE.UU., a fin de contar con el cuerpo académico idóneo para la apertura del programa.

Durante el año 2002 se elaboró el proyecto de la Maestría en Enfermería, que fue aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad en el mes de abril de 2003, y por el Consejo Universitario de la UACH el 27 de mayo del mismo año, según consta en el Acta N° 414, del mismo Consejo (Archivo Consejo Técnico FEN-2003).

Para su operación se asignaron siete docentes de tiempo completo, dentro de los que se consideró al Coordinador del Programa, y dos docentes más de medio tiempo, todos ellos con grado académico de Maestría en Enfermería.

El objetivo general del programa establecía: «fortalecer la formación disciplinar y metodológica de las enfermeras y enfermeros a fin de que, como egresados, participen activamente bajo el sistema institucional y en forma independiente en la satisfacción de necesidades y solución de problemas de salud de alta complejidad de la población y en su

área de competencia. Además, tendrán la capacidad de modificar el modelo de cuidado de enfermería en las instituciones en las cuales éste no ha sido efectivo» (Fenuach, 2002).

A la fecha, el programa ha sido el único de este nivel en la región noroeste del país con la característica de programa profesionalizante, por lo que ha tenido una relación cercana con las necesidades de las instituciones de salud y de los sectores público y privado, tales como: clínicas, hospitales y centros comunitarios. Esta cualidad garantiza su impacto en la solución de los problemas de salud de la población en el ámbito del cuidado, que es su área de responsabilidad profesional.

El programa considera cuatro áreas de profundización: Enfermería en Salud Comunitaria, Administración del Cuidado de Enfermería, Enfermería Clínica y Enfermería en la Atención del Adulto Mayor. Estas áreas de profundización están ampliamente respaldadas por profesionales de enfermería altamente capacitados en cada especialidad. El programa pretende garantizar el cuidado a los grupos prioritarios, en congruencia con lo establecido en las políticas de salud y educativa en el ámbito estatal, regional y nacional.

Entre las estrategias fundamentales para la operación del programa se encuentra la tutoría, que favorece la atención individualizada al estudiante; también contempla la vinculación con instituciones educativas, de salud y del sector productivo, como otra estrategia que ha permitido la corresponsabilidad de diversos sectores de la población para la formación de enfermería del posgrado.

Dentro de la planta docente de la Maestría en Enfermería se cuenta con profesores con una amplia experiencia y trayectoria profesional e institucional, y con un grupo joven formado en la disciplina.

A la fecha, el cien por ciento de las docentes en Enfermería cuenta con el grado de maestría, y nueve de ellos tienen estudios de doctorado en áreas diversas. Actualmente, una docente realiza estudios de doctorado en enfermería en el programa compartido entre la Universidad de Guanajuato y la de Riverao Preto en Brasil; en agosto del presente año una profesora se integró al programa de doctorado en enfermería en la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Reconocimiento como posgrado de excelencia

El Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACyT) establece una serie de parámetros de evaluación para reconocer a los programas de posgrado de excelencia, e incluirlos en el grupo del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC). Entre estos requisitos se encuentran los siguientes:

- a) Que cuente con una planta académica de buena calidad.
- b) Que los miembros de la misma estén certificados por organismos correspondientes y con reconocimiento de perfil deseable.
- c) Que la estructura académico-administrativa del programa garantice una alta tasa de titulación.
- d) Infraestructura acorde a los requerimientos de los programas de buena calidad.

Este programa de Maestría en Enfermería logró en el 2004 su registro en el Programa Integral de Fortalecimiento al Posgrado (PIFOP), recibiendo apoyo complementario de la institución para coadyuvar al aseguramiento de su calidad y posterior incorporación al Padrón Nacional de Posgrado (PNP).

El Padrón de Programas de Posgrado de excelencia para la Ciencia y la Tecnología del CONACyT ha sido un recurso orientador de vital importancia para los programas de posgrado de calidad desde su establecimiento en 1991, lo que ha permitido formar investigadores y expertos que incidan en el desarrollo de nuestro país (Conacyt).

En el año 2006, surge el Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional (PFPPN), el cual contempla la creación del PNP, donde se reconoce a aquellos programas de posgrado consolidados que han alcanzado parámetros de calidad para clasificarlos como de «Alto Nivel» o «Competentes a Nivel Internacional», y la creación del Programa Integral de Fortalecimiento al Posgrado (PIFOP), para apoyar a programas de posgrado que, con base en la planeación estratégica de la institución orientada a mejorar su calidad, están en condiciones de lograr su registro en el PNP en un tiempo determinado (Conacyt).

La Maestría en Enfermería obtuvo el dictamen aprobado de Alto Nivel, con vigencia del 18 de agosto de 2006 a diciembre de 2010. Esto impulsó al núcleo académico a consolidar los indicadores del programa, implementando, entre otras, acciones encaminadas a:

1. Fortalecer el núcleo básico de docentes.
2. Incrementar el número de profesores con grado de doctor y su reconocimiento en el Perfil del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).
3. Establecer mecanismo de apoyo a las actividades de Investigación y Posgrado que permitan ampliar la gestión.
4. Seguir un riguroso proceso de selección de aspirantes.
5. Mantener alta eficiencia terminal del programa.
6. Fortalecer la tutoría académica.
7. Estimular la participación de estudiantes en eventos de difusión de los productos elaborados durante su residencia.
8. Impulsar la movilidad académica de estudiantes.
9. Articular los trabajos de investigación de los estudiantes, con los Cuerpos Académicos del núcleo básico.
10. Generar en los seminarios de tesis un espacio para la reflexión, análisis, crítica constructiva de sus trabajos de residencia, y con la finalidad de compartir experiencias y fortalecer su propuesta innovadora de modelo de cuidado.

En el año 2007 se crea el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT, cuyos propósitos fueron estimular la mejora continua de la calidad de los programas de posgrado que ofrecen las instituciones de Educación Superior (IES) e instituciones afines del país. De igual forma el PNPC estableció que para obtener el reconocimiento como programas de calidad, los programas de especialidad, maestría y doctorado en las diferentes áreas del conocimiento, contarán con núcleos académicos básicos, altas tasas de graduación, infraestructura necesaria y alta productividad científica y tecnológica, permitiéndoles lograr la pertinencia de su operación y óptimos resultados.

Para la operación del PNPC se han considerado dos vertientes:

1. El Padrón Nacional de Posgrado (PNP), con dos niveles:

Programas de competencia internacional. Programas que tienen colaboraciones en el ámbito internacional a través de convenios que incluyen la movilidad de estudiantes y profesores; la codirección de tesis y proyectos de investigación conjunta.

Programas consolidados. Programas que tienen Reconocimiento Nacional por la pertinencia e impacto en la formación de recursos humanos de alto nivel en la productividad académica y en la colaboración con otros sectores de la sociedad.

2. El Programa de Fomento a la Calidad (PFC), con dos niveles:

Programas en Desarrollo. Programas con una proyección académica positiva, sustentados en su plan de mejora y en las metas factibles de alcanzar en el mediano plazo.

Programas de reciente creación. Programas que satisfacen los criterios y estándares básicos del marco de referencia para la evaluación y seguimiento de Programas de Posgrado (PNPC).

El nuevo esquema de operación del PNPC, para las dos orientaciones de programas de posgrado (profesional y de investigación), promueve la articulación de la formación – investigación – vinculación en particular, el proceso de evaluación toma en cuenta estas facetas esenciales y la manera en que se establecen mecanismos de integración de dichas actividades para que se enriquezcan mutuamente, en beneficio de la formación integral en el marco de la misión y de la visión de las instituciones.

El ingreso de los programas de posgrado en el PNPC representa un reconocimiento público a su calidad con base en procesos de evaluación y seguimiento realizados por los Comités de Pares, por lo que el PNPC coadyuva al Sistema de Garantía de Calidad de la Educación Superior.

El programa profesionalizante de Maestría en Enfermería fue evaluado nuevamente en el año 2010 ante los Comités de Pares del PNPC, quienes reconocieron al programa con Nivel Consolidado, con vigencia del 13 de enero de 2011 al 12 de enero de 2016.

Conclusiones

El programa de Maestría en Enfermería posee reconocimiento local y nacional manifestado por la afluencia de estudiantes de varios estados de la República como: Guerrero, Coahuila, Nayarit y D.F., entre otros.

El trabajo del núcleo académico y el apoyo de las autoridades de la Facultad de Enfermería y Nutriología de la UACH han sido determinantes para que el programa se ubique hoy en día como uno de los mejores del país.

El avance del programa constituye un orgullo para cada uno de los universitarios involucrados, ya sean docentes, estudiantes o autoridades de esta unidad académica. Asimismo, representa un compromiso para mantenerlo en la senda ascendente hacia el reconocimiento internacional, lo cual será el objetivo a lograr para el próximo ciclo de evaluación del programa.

Referencias bibliográficas

- CONACYT. Programa Nacional de Posgrados de Calidad. Disponible en: <http://www.conacyt.gob.mx/FormacionCapitalHumano/Paginas/PosgradosCalidad.aspx>. Consultado el 11 de enero de 2012.
- CONACYT. Programa Nacional de Posgrados de Calidad. Disponible en: <http://www.conacyt.gob.mx/FormacionCapitalHumano/Paginas/PosgradosCalidad.aspx>. Consultado el 10 de noviembre de 2011.
- Programa Nacional de Posgrado de Calidad. Convocatoria 2009-2010. Disponible en <http://www.conacyt.gob>. Consultado el 24 de febrero de 2009.
- Dozal-Molina, R. M., S. Luévano-Ford. 2003. Programa de Maestría en Enfermería. Facultad de Enfermería y Nutriología, UACH. Chihuahua, Chih., Méx.
- Espino-Villafuerte, M. E. (2009) Plan Nacional de desarrollo del Posgrado en Enfermería. FEMAFEE. México D.F.
- Facultad de Enfermería y Nutriología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actas de Consejo Técnico, año 2003.
- Programa de Fortalecimiento al Posgrado Maestría en Enfermería. Universidad Autónoma de Chihuahua, 2004. Chihuahua, Chih., Méx. 

Este artículo es citado así:

Molina-Seáñez, O., L. Moriel-Corral, A. M. Armendáriz-Ortega y E. Hinojos-Seáñez. 2012: *El posgrado en enfermería de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Su génesis y reconocimiento de excelencia*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(3): 142-146.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

AVELINA ORVILIA MOLINA SEÁÑEZ. Terminó su licenciatura en 1977, año en que le fue otorgado el título Licenciada en Enfermería por la Facultad de Enfermería de la Universidad de Guanajuato. Realizó su posgrado en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestra en Administración en 1995. Tiene estudios de Doctorado en Ciencias de la Educación del Instituto Pedagógico de Estudios de Posgrado del Estado de Guanajuato en 1998. Inició labores desde 1974 en la entonces Escuela Superior de Enfermería, hoy Facultad de Enfermería y Nutriología de la UACH y posee la categoría de Académico Titular "C". En el periodo de 1988 a 1992, fungió como Directora de la Escuela Superior de Enfermería. Ha dirigido diversas tesis de licenciatura y de maestría. Se desempeña como Evaluadora Externa de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de Educación Superior (CIEES). Recibió un certificado de calidad por parte de la SEP y el Consejo Mexicano de Certificación de Enfermería, A.C. Es responsable del seguimiento de becarios CONACYT de los programas de posgrado de las maestrías en Salud en el Trabajo y de Enfermería de esta Unidad Académica.

LETICIA MORIEL CORRAL. Terminó su Licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el Título de Licenciada en Enfermería por la Universidad Autónoma de Guanajuato. Recibió el grado de Maestra en Administración en 1995 por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó estudios de Doctorado en Ciencias de la Educación en el Instituto Pedagógico de Estudios de Posgrado del Estado de Guanajuato en 1998. Desde 1974 labora en la Facultad de Enfermería y Nutriología de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Ha sido miembro del Comité Mexicana para la Práctica Internacional de Enfermería (COMPIE) de 1995-1998. Fundador de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior en México (CIEES) en el Comité de Ciencias de la Salud de 1993 a la Fecha. Ha sido responsable del Proceso de Rediseño Curricular del programa de Licenciatura en Enfermería Basado en Competencias de la Facultad de Enfermería y Nutriología de la UACH. Es autora de 2 libros y 3 capítulos de libros, fue Líder del Cuerpo Académico de la Facultad de Enfermería y Nutriología: Educación Calidad y Desarrollo de 2000 a 2005, fue coordinadora de la región Norte para la realización de la Investigación Multipaís "Comunicación, Empoderamiento e identidad Social de la Enfermería como sujeto social y profesión en el contexto Latinoamericano. Actualmente se encuentra en la Coordinación de Seguimiento, Evaluación y Rediseño Curricular.

ANGÉLICA MARÍA ARMENDÁRIZ ORTEGA. Terminó su licenciatura en 2003, año en que le fue otorgado el título de Licenciada en Enfermería por la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). En esta misma unidad académica obtuvo el grado de Maestra en Enfermería en el año 2005. Desde 2005 labora en la Facultad de Enfermería y Nutriología de la UACH y posee la categoría de Académico Titular "C". Es miembro del Consejo Directivo de la Barra Colegio de Enfermería de Chihuahua, A.C. Enfermera Certificada con aprovechamiento de excelencia, por COMCET. Ha dirigido 1 tesis de licenciatura y 6 de maestría. Es autora de aproximadamente 10 artículos científicos, ha participado como ponente en congresos, además ha impartido conferencias por invitación. Es Certificadora de CONACE y es Directora del Comité Científico de la revista científica de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

ELSA R. HINOJOS SEÁÑEZ. Obtuvo el título de Licenciada en Enfermería en la UACH en Marzo de 1997. Realizó la Maestría en Enfermería en la Universidad de Nuevo México en el 2001. Desde 1991 labora en la Facultad de Enfermería y Nutriología como docente de tiempo completo con categoría de Académico Titular C, desde 1996. Es docente certificada por la Comisión Mexicana de Certificación en Enfermería (COMACE) desde 2007. Ha obtenido reconocimiento de servicio social por su participación en las Brigadas de Cirugía Extramuros de Labio Leporino y Paladar Hendido, por la UACH. Ha sido organizadora de Brigadas de Salud Preventiva a docentes y funcionarios de la UACH por cuatro años consecutivos. Fungió como directora en tres tesis de Maestría en Enfermería y revisora de más de quince tesis de maestría y licenciatura. Es autora de una publicación y coautora de dos artículos. Es Integrante del Colegio Barra de Enfermeras, A.C.

Raleo químico de flores de manzano (*Malus x domestica* Borkh.) 'Golden Delicious' y 'RedChief Delicious'

Chemical thinning of apple (*Malus x domestica* Borkh.) flowers cvs. Golden Delicious and RedChief Delicious

DAVID IGNACIO BERLANGA-REYES^{1,3}, CLAUDIO RIOS-VELASCO¹,
ALEJANDRO ROMO-CHACÓN¹ Y VÍCTOR MANUEL GUERRERO-PRIETO²

Recibido: Abril 26, 2012

Aceptado: Agosto 5, 2012

Resumen

Aunque el raleo es una práctica común en la región productora de manzana (*Malus x domestica* Borkh.) del estado de Chihuahua, aún es frecuente que se lleve a cabo de manera manual, tardía, poco eficiente y costosa. El raleo químico es una práctica cada vez más común. En manzano, el raleo de flores o frutos incrementa la calidad de los frutos y reduce la alternancia en la producción. Para maximizar los beneficios de esta práctica, se evaluó la eficiencia de los siguientes compuestos asperjados durante la floración: ácido naftalenacético, cianamida hidrogenada, tiosulfato de amonio, bencil adenina, ácido giberélico y una mezcla de cal-azufre y aceite de pescado como raleadores químicos de flores en los cultivares Golden Delicious y RedChief Delicious. Otro tratamiento consistió en las aplicaciones de la mezcla de cal-azufre y aceite de pescado en floración, además de una aspersión con ácido naftalenacético en post-floración. Los resultados se compararon con un testigo con un raleo manual tardío y un tratamiento con raleo manual en floración. En ambos cultivares, el tratamiento de cal-azufre en floración y ácido naftalenacético en post-floración, redujo significativamente el cuajado de frutos sin reducir el rendimiento a cosecha. Además, con este mismo tratamiento se obtuvieron los frutos de mayor tamaño a la cosecha. Los tratamientos con cal-azufre y aceite de pescado provocaron roseteado en los frutos 'Golden Delicious'. El tratamiento con ácido naftalenacético en floración redujo significativamente la alternancia de la producción observada en 'Golden Delicious'.

Palabras clave: *Malus x domestica* Borkh., cuajado de frutos, retorno de floración, roseteado.

Abstract

Although thinning is a common practice in the productive apple (*Malus x domestica* Borkh.) region in the state of Chihuahua, it is still often performed manually, belated, inefficient and costly. Chemical thinning is an increasingly common practice. In apple trees, flower or fruit thinning increases the fruit quality and reduces alternate bearing in the apple production. To maximize the benefits of this practice, it was assessed efficiency of the following products: naphthaleneacetic acid, hydrogen cyanamide, ammonium thiosulfate, benzyladenine, gibberelic acid, and a mixture of lime-sulfur and fish oil as chemical thinners of flowers in the cultivars Golden Delicious and RedChief Delicious, sprayed during bloom was evaluated. Another treatment consisted of the application of the lime-sulfur mixture and fish oil at bloom plus a spraying with naphthaleneacetic acid at post-bloom stage. The results were compared with a late manual thinning as control, and with a treatment of manual thinning during bloom. In both cultivars, the treatment with lime-sulfur at bloom and naphthaleneacetic acid at post-bloom, significantly reduced fruit set without reducing crop yield. Furthermore, there were obtained larger fruits at harvest with this same treatment. Treatments with lime-sulfur and fish oil resulted in russetting on 'Golden Delicious' fruits. Naphthaleneacetic acid treatment during bloom significantly reduced alternate bearing observed in cv. 'Golden Delicious'.

Keywords: *Malus x domestica* Borkh., fruit set, return bloom, russetting.

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo AC, Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N. Parque Industrial. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. C.P. 31570. Tel. (625) 581-29-20 Ext. 105.

² Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Cuauhtémoc, Chihuahua. Av. Presa de la Amistad # 2015. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. C.P. 31510. Tel. (625)581-06-47.

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

Introducción

Para cumplir con las exigencias actuales del mercado de la manzana, constantemente se están buscando maneras de producir frutas de alta calidad. El raleo es una práctica fundamental para obtener frutos grandes, con mayor valor comercial, y para mantener una cosecha satisfactoria año con año (Bertelsen y Tustin, 2002; Miranda *et al.*, 2005).

Aunque se reconoce el beneficio de esta práctica, en las regiones productoras de manzana de México frecuentemente se lleva a cabo de manera manual y tardía, lo cual implica un alto costo económico, limita su efectividad y, por lo tanto, afecta la productividad de los huertos. Entonces, mediante el raleo químico se busca reducir a un mínimo la necesidad de un raleo manual.

Para obtener una cosecha con calidad comercial, se requiere que el manzano (*Malus x domestica* Borkh.) tenga un cuajado de entre 5 y 30% del total de sus flores (Jackson, 2003). Por lo que es necesario eliminar una porción de la carga de flores o frutos mediante el raleo, para promover el desarrollo de frutos de alta calidad y reducir la alternancia en la producción de años consecutivos (Miranda *et al.*, 2005; Fallahi *et al.*, 2006).

La carga de frutos depende esencialmente de la formación de flores. En manzano, el desarrollo de una gran cantidad de frutos suele conducir a una escasa formación de flores para el siguiente ciclo de producción, lo que ocasiona un comportamiento de producción alternante año con año. La producción alternante es frecuente en la mayoría de los cultivares de manzana cuando no se controla la carga de fruta al inicio de su desarrollo (Bertelsen y Tustin, 2002). La mayoría de los raleadores químicos disponibles en el mercado son reguladores del crecimiento o insecticidas que se aplican después de floración (Dennis, 2000), con los cuales se obtienen resultados inconsistentes (Wertheim, 2000). Por ejemplo, el ácido naftalenacético, que se utiliza como raleador post-floración, es eficiente en promover la caída de frutos cuando se aplica inmediatamente después de la floración (Waldner y Knoll, 1998),

y además evita la alternancia en la producción (Wismer *et al.*, 1995). Se ha encontrado que el uso de 6-bencil adenina como raleador químico estimula la división celular en el fruto y reduce la alternancia en la producción al promover el retorno de la floración (Wismer *et al.*, 1995). Se ha reportado que al aplicar ácido giberélico en manzano en un año de baja producción, se inhibe la diferenciación floral y se evita una sobre-producción al siguiente año, reduciendo de esta manera la alternancia en la producción (Bertelsen y Tustin, 2002). Por otro lado, Ferree *et al.* (2004) encontraron una reducción significativa en el cuajado de frutos de vid al asperjar ácido giberélico en la etapa de floración.

Los beneficios del raleo son mayores en tanto más temprano sea llevado a cabo durante el desarrollo del fruto (Miranda *et al.*, 2005). Entonces, un raleo en floración puede ofrecer mayores beneficios en comparación con uno llevado a cabo en postfloración. El raleo de flores ha tomado importancia en regiones manzaneras donde las heladas tardías no son frecuentes, pues si este fenómeno meteorológico se presenta, daña las flores que el tratamiento químico no eliminó. Los productos utilizados en el raleo químico de flores son generalmente compuestos cáusticos que dañan órganos florales (pétalos, anteras, estigmas, estilos y granos de polen), impidiendo de esta manera la fecundación y el cuajado del fruto (Fallahi y Willemsen, 2002), por lo tanto, el momento óptimo para la aplicación de este tipo de raleadores es cuando solamente la flor reina de la inflorescencia se ha fecundado, es decir, cuando entre el 20 y el 40% de las flores del árbol han abierto. Algunos de los productos utilizados con resultados satisfactorios son cianamida hidrogenada (Fallahi *et al.*, 1997; Fallahi *et al.*,

2006), tiosulfato de amonio (Janoudi y Flore, 2005; Fallahi *et al.*, 2006), cal-azufre y aceite de pescado (Schupp *et al.*, 2005; McCartney *et al.*, 2006). Además de presentar un efecto cáustico, la mezcla de cal-azufre y aceite de pescado puede inhibir la fotosíntesis y por lo tanto limitar la disponibilidad de carbohidratos para el cuajado del fruto, como ocurre en cerezo dulce (Lenahan y Whiting, 2006). Sin embargo, la mezcla mencionada puede ocasionar roseteado en la superficie de frutos de manzano (Schupp *et al.*, 2005). El roseteado se debe a la proliferación de células altamente suberizadas en la epidermis del fruto como resultado de un daño celular ocasionado por el tratamiento de compuestos cáusticos en cultivares susceptibles como Golden Delicious. La eficiencia de los raleadores tipo cáustico puede variar dependiendo de las condiciones de secado de la solución sobre el tejido vegetal y de la presencia de flores en diferente estado de desarrollo (Janoudi y Flore, 2005).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia de diferentes raleadores químicos de flores en la reducción del cuajado de frutos, incremento del tamaño de los frutos a cosecha y reducción de la alternancia en la producción en manzanos cvs. Golden Delicious y RedChief Delicious con relación a un raleo manual tardío (como frecuentemente se lleva a cabo en la región).

Materiales y métodos

Sitio experimental y material vegetativo. El experimento se llevó a cabo en un huerto comercial en el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, localizado a 28° 33' 49.21" LN y 106° 54' 28.95" LO, a 1995 msnm; el clima es semiseco templado, la precipitación varía de 400 a 600 mm anuales, y la temperatura media anual oscila entre 12 y 18 °C (INEGI, 2007). Se utilizaron árboles de 18 años de edad de los cultivares Golden Delicious/MM106 y RedChief Delicious/MM111, durante 2006 y 2007. Se utilizó un sistema de poda de líder central y una distancia de plantación de 3.0 x 4.3 m. Para estandarizar la parcela experimental se seleccionaron para cada tratamiento cinco

árboles, con una altura promedio de 5.5 m, y una densidad de flores promedio de 3.3 y 5.7 inflorescencias por centímetro cuadrado de área seccional de la base de la rama para el 2006 y 2007, respectivamente, cada árbol se consideró como una unidad experimental. Se seleccionaron árboles diferentes para cada ciclo con el fin de llevar a cabo los tratamientos en árboles con una densidad de flores similar, ya que la efectividad de los raleadores químicos está influenciada por la carga de flores en el árbol.

Tratamientos y diseño experimental. Éstos se aplicaron en árboles completos. Los raleadores químicos se asperjaron en dos ocasiones durante la floración, con un intervalo de cuatro días (d) entre ellas, iniciando en 20% de floración completa. Las aspersiones se hicieron hasta el punto de goteo con los siguientes tratamientos: 1) Ácido naftalenacético (ANA) a 12.4 mg L⁻¹ con el producto comercial Fruitone N^{MR} (AMVAC Chem. Corp.), 2) Cianamida hidrogenada (CNH) a 1.3 g L⁻¹ con el producto comercial Dormex^{MR} (BASF, Alemania), 3) Tiosulfato de amonio (TSA) a 15 g L⁻¹ (Sigma-Aldrich Inc. St. Louis MO, USA), 4) Bencil adenina (6-BA) a 95 mg L⁻¹ con el producto comercial Maxcel^{MR} (Valent BioSciences), 5) Ácido giberélico (AG₃) a 60 mg L⁻¹ con el producto comercial Biogib^{MR} (evaluado solamente durante el ciclo 2007; GBM, México), 6) La mezcla de cal-azufre y aceite de pescado formulado localmente (Caz-Ap), 30 y 20 mL L⁻¹, respectivamente; la cal-azufre se preparó calentando a ebullición durante 45 min una suspensión acuosa de la mezcla de óxido de calcio (J. T. Baker, México) 110 g L⁻¹ y azufre sublimado (J. T. Baker, México) 220 g L⁻¹, y 7) tres aspersiones, que fueron dos con la mezcla de cal-azufre y aceite de pescado en floración 30 y 20 mL L⁻¹, respectivamente, y otra con ANA 12.4 mg L⁻¹ cuando el fruto más grande de la inflorescencia medía 10 mm de diámetro ecuatorial (Caz-Ap + ANA). Se evaluó también un tratamiento de raleo manual en floración (temprano), eliminando todas las flores excepto la flor central de cada inflorescencia (tratamiento

8), y un testigo con raleo manual tardío, a los 55 días después de floración completa (ddfc, tratamiento 9). No se incluyó un testigo sin raleo debido a que lo que se pretende demostrar en esta investigación es el mayor beneficio de un raleo temprano en comparación con uno tardío (como frecuentemente se lleva a cabo en la región). Las aspersiones se realizaron por la mañana con una aspersora motorizada de mochila de 15 L de capacidad marca STIHL con ráfaga de aire, cuando las temperaturas se encontraban entre 20 y 25 °C y la humedad relativa entre 10 y 15%. No se adicionó coadyuvante a las soluciones asperjadas.

Se utilizó un diseño experimental de bloques aleatorizados con cinco repeticiones y tomando un árbol completo como unidad experimental. Los datos fueron normalizados para su análisis estadístico, sin embargo, se discute con base en los datos reales. Se llevó a cabo el análisis de varianza y la separación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con la ayuda del programa computacional SAS (Anónimo, 2004). La comparación de medias se hizo en cada cultivar por separado y ambos años de evaluación juntos.

Unidades frío. Las unidades frío acumuladas (UFA) en los años de evaluación se cuantificaron de acuerdo con el método de Richardson *et al.* (1974). Para ello se utilizó la información proporcionada por la Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua (UNIFRUT, 2007). En 2006, las UFA fueron de 660 y 889 para 2007.

Variabes de respuesta.

Floración y densidad de flores. En cada árbol se marcaron dos ramas, orientadas al Este y Oeste, y con aproximadamente 50 inflorescencias cada una y en condiciones similares de iluminación y ubicación en la copa. En la base de cada rama marcada se midió el área de la sección transversal para determinar la densidad de flores, que se expresó como número de inflorescencias por cm^2 de área seccional de la base de la rama (inflorescencias $\cdot \text{cm}^{-2}$ ASR).

Con el fin de determinar la duración del

periodo de floración, se determinó la curva de floración mediante la cuantificación de flores abiertas cada tercer día, durante todo el periodo de floración, en diez ramas completas y orientadas al Este u Oeste en cada cultivar.

Cuajado de frutos. Se determinó mediante el conteo de frutos cuajados a los 45 ddfc en las ramas marcadas que previamente se utilizaron para determinar la densidad de flores. Aunque se marcaron ramas con aproximadamente 50 inflorescencias, los resultados se expresaron como frutos cuajados por cada 100 inflorescencias (Lombard *et al.*, 1988).

Diámetro ecuatorial. Al momento de la cosecha se registró el diámetro ecuatorial de 20 frutos de cada una de las dos ramas utilizadas para las determinaciones de densidad de flores y cuajado de frutos.

Roseteado en frutos. En 20 frutos de cada una de las dos ramas marcadas en cada árbol tratado con cal-azufre del cultivar Golden Delicious, se determinó visualmente la severidad de roseteado en la epidermis de los frutos al momento de la cosecha, utilizando una escala subjetiva con valores de 1 a 5, donde: 1= sin epidermis roseteada, 2= 5% de epidermis roseteada, 3= 15% epidermis roseteada, 4= 30% epidermis roseteada y 5= 40% o más de la superficie de la epidermis del fruto afectada.

Eficiencia productiva. Se cuantificó la producción de fruta por árbol y se determinó la eficiencia en la producción, expresada como kg de fruta por cm^2 de AST (área seccional del tronco, a una altura de 30 cm del suelo (Lombard *et al.*, 1988).

Retorno de floración. Este parámetro indica el efecto del tratamiento sobre la densidad de floración del siguiente año; y es un indicativo de alternancia en la producción. Se determinó mediante la comparación de la densidad de floración de todos los árboles evaluados en dos años consecutivos (Lombard *et al.*, 1988). En este parámetro, los tratamientos del 2006 se evaluaron con la densidad de flores del 2007, y los tratamientos del 2007 se evaluaron con la densidad de flores del 2008.

Resultados

'Golden Delicious'

Cuajado de frutos. En 2006, el tratamiento Caz-Ap + ANA redujo en un 31.2% el cuajado de frutos con relación al testigo, mostrando un valor promedio de 137 frutos por cada 100 inflorescencias. Sin embargo, la reducción no fue similar al tratamiento de raleo manual, con el que se obtuvo un cuajado de 76 frutos por cada 100 inflorescencias. Con base en la respuesta observada en el tratamiento Caz-Ap (Cuadro 1), se puede deducir que la eficiencia del tratamiento Caz-Ap + ANA está dada por la aspersión con ANA en post-floración. Por otra parte, en 2007, ninguno de los raleadores químicos redujo significativamente el cuajado de frutos en comparación con el testigo. El raleo manual mostró un cuajado de 58 frutos por cada 100 inflorescencias (Cuadro 1).

Diámetro de frutos. En 2006, aunque no tan notablemente como en el correspondiente al raleo manual, el tratamiento Caz-Ap + ANA incrementó significativamente, en 1.5 mm, el diámetro de los frutos con relación al testigo. Mientras que el resto de los tratamientos no mostraron efecto sobre esta variable. Por otra parte, en 2007, mediante los tratamientos: Caz-Ap + ANA y ANA, se incrementó el diámetro de frutos con relación al testigo en 2.8 y 1.5 mm, respectivamente, incrementos similares al obtenido con el raleo manual en floración de 2 mm (Cuadro 2). Además, se observa de manera general que en 2007 los frutos fueron significativamente más pequeños, posiblemente a causa de una carga mayor de fruta (Cuadro 2).

Roseteado en frutos. Los tratamientos con cal-azufre promovieron la presencia de roseteado sobre la superficie de los frutos, se observaron valores de severidad estadísticamente superiores a los encontrados en el testigo (Cuadro 3).

Eficiencia de producción. En ambos años de evaluación ninguno de los raleadores químicos disminuyó la producción a cosecha, en comparación con el testigo (Cuadro 2), ni en el tratamiento con raleo manual en floración, en

el que se observaron los valores más bajos en el cuajado de frutos. A pesar de ello, el raleo manual en floración incrementó significativamente la producción en el 2006, con 234 g de fruta por cm² de AST, con relación al testigo. Esto indica que el mayor tamaño y peso de los frutos compensa al menor número de los mismos.

Cuadro 1. Efecto del raleo químico de flores sobre el cuajado de frutos a los 45 días después de floración completa en manzanos 'Golden Delicious' y 'RedChief Delicious'.

Tratamiento	Frutos por 100 inflorescencias	
	2006	2007
'Golden Delicious'		
Testigo	199 ab††	172 abc
Raleo manual en floración	76 de	58 e
ANA†	170 abc	173 abc
CNH	198 ab	128 cd
Caz-Ap	167 abc	140 c
TSA	177 abc	128 cd
6-BA	218 a	154 bc
Caz-Ap + ANA	137 c	130 c
AG3		114 cd
DMS	53.04	53.04
CV	24.7	24.7
'RedChief Delicious'		
Testigo	133 a	104 abcd
Raleo manual en floración	69 cdef	35 f
ANA	110 ab	109 abc
CNH	119 ab	109 abc
Caz-Ap	103 abcde	82 bcde
TSA	112 ab	63 def
6-BA	119 ab	102 abcde
Caz-Ap + ANA	85 bcde	61 ef
AG3		110 ab
DMS	41.7	41.7
CV	30.99	30.99

†.-ANA=ácido naftalenacético, CNH=cianamida hidrogenada, Caz-Ap=cal-azufre y aceite de pescado, TSA=Tiosulfato de amonio, 6-BA=6-Bencil adenina, Caz-Ap + ANA=cal-azufre y aceite de pescado en floración además de ácido naftalenacético en postfloración, AG₃=ácido giberélico-3

††.-Medias con la misma letra dentro de ambas columnas de cada cultivar son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05).

Cuadro 2. Efecto del raleo químico de flores sobre el tamaño de frutos y eficiencia de la producción en manzanos 'Golden Delicious' y 'RedChief Delicious'.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)		Eficiencia de producción (kg cm ⁻² AST†)	
	2006	2007	2006	2007
'Golden Delicious'				
Testigo	66.4cd†	60.1 fg	0.220 d	0.427 abc
Raleo manual en floración	71.7 a	62.1 e	0.454 ab	0.475 ab
ANA†	65.2 d	61.6 e	0.194 d	0.437 abc
CNH	65.8 cd	58.8 g	0.224 d	0.515 a
Caz-Ap	66.3 cd	61.5 ef	0.274 bcd	0.453 ab
TSA	66.4 cd	59.2g	0.211 d	0.518 a
6-BA	66.8 bc	59.7 g	0.241 cd	0.392abcd
Caz-Ap + ANA	67.9 b	62.9 e	0.247 cd	0.326abcd
AG3		59.3 g		0.520 a
DMS	1.45	1.45	0.20	0.20
CV	7.24	7.24	28.05	28.05
'RedChief Delicious'				
Testigo	70.5 d	70.9 cd	0.379 ab	0.285 bc
Raleo manual en floración	73.9 b	76.8 a	0.415 ab	0.391 ab
ANA	71.2 cd	69.6 d	0.455 a	0.330 abc
CNH	70.6 d	70.9 cd	0.419 ab	0.336 abc
Caz-Ap	70.3 d	73.7 b	0.425 ab	0.287 bc
TSA	71.3 cd	72.8 bc	0.323 abc	0.225 c
6-BA	70.2 d	71.4 cd	0.393 ba	0.323 abc
Caz-Ap + ANA	71.0 cd	74.6 b	0.422 ab	0.215 c
AG3		71.1 cd		0.339 abc
DMS	1.94	1.94	0.15	0.15
CV	8.64	8.64	20.42	20.42

†.-ANA=ácido naftalenacético, CNH=cianamida hidrogenada, Caz-Ap=cal-azufre y aceite de pescado, TSA=Tiosulfato de amonio, 6-BA=6-Bencil adenina, Caz-Ap + ANA=cal-azufre y aceite de pescado en floración además de ácido naftalenacético en post-floración, AG₃=ácido giberélico-3.
 ††.- Medias con la misma letra entre columnas e hileras de ambos años, dentro del mismo cultivar y parámetro evaluado son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05).
 †††.- AST=Área Seccional del Tronco.

Retorno de floración. En el Cuadro 4 se observa la densidad de flores de los árboles durante la evaluación. La razón por la cual en 2007 se presentan dos columnas con datos diferentes, es porque se seleccionaron árboles diferentes para cada año de evaluación, y la densidad de flores de 2008 se cuantificó para

evaluar el efecto en esta variable de los tratamientos del 2007. En los valores promedio para cada año (Cuadro 4) se nota una clara alternancia en la producción de años consecutivos, donde en los árboles con una reducida densidad de flores en el 2006 se promovió la diferenciación floral de yemas que propició una alta densidad de flores para el 2007 y seguido de nuevo por una baja densidad en 2008 (que corresponden a una baja producción de fruta en 2006 y a una alta producción en 2007; Cuadro 2). El tratamiento ANA mostró la mayor densidad de flores en el 2008 y, por lo tanto, el mayor retorno de floración, lo que indica que fue el tratamiento más eficiente en impedir la alternancia en la producción de años consecutivos; sin embargo, el tratamiento Caz-Ap + ANA aunque mostró también una ligera reducción en la alternancia, no presentó diferencias estadísticas (Cuadro 4).

Cuadro 3. Efecto del raleo químico de flores con cal-azufre sobre el roseteado de frutos en manzano 'Golden Delicious'.

Tratamiento	Severidad en el roseteado de frutos†	
	2006	2007
Testigo	1.1 c†	1.1 c
Caz-Ap†††	2.2 a	1.6 b
Caz-Ap + ANA	2.1 a	1.7 b
DMS	0.33	0.33
CV	16.96	16.96

†.- Escala subjetiva 1-5; donde 1= libre de roseteado, 2=5%, 3=15%, 4=30% y 5=40% o más de la superficie del fruto con sintoma de roseteado.

††.- Medias con la misma letra en ambas columnas e hileras son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05).

†††.- Caz-Ap=cal-azufre y aceite de pescado, Caz-Ap + ANA=cal-azufre y aceite de pescado en floración además de ácido naftalenacético en post-floración.

'RedChief Delicious'

Cuajado de frutos. Tanto en 2006 como en 2007, solamente el tratamiento Caz-Ap+ANA redujo significativamente el cuajado de frutos en 36.1 y 41.3%, respectivamente, con relación al testigo, con valores de 85 y 61 frutos por cada 100 inflorescencias, respectivamente (Cuadro 1).

Diámetro de frutos. Los tratamientos de raleo químico no promovieron el crecimiento de los frutos en 2006. Sin embargo, en 2007 se observó un incremento significativo de 2.8 y 3.7 mm con los tratamientos Caz-Ap y Caz-Ap + ANA respectivamente, en comparación con el testigo.

Roseteado de frutos. El cultivar RedChief Delicious es menos susceptible, por lo que los frutos de este cultivar no presentaron este daño.

Eficiencia de producción. En ninguno de los dos ciclos evaluados se observó un efecto significativo de los tratamientos con relación al testigo (Cuadro 2), incluso en aquellos que redujeron significativamente el cuajado de frutos con respecto al testigo, como el Caz-Ap + ANA y raleo manual en floración (Cuadro 1).

Retorno de floración. En este parámetro aparecen dos columnas con datos del ciclo 2007 debido a que fueron seleccionados árboles diferentes en cada ciclo con el fin de aplicar los tratamientos en árboles similares entre sí en cuanto a densidad de flores. En los valores promedio por año no se observó un comportamiento de alternancia, ya que en el 2006 y 2007 las densidades de flores fueron similares, mientras que en el 2008 se observó un incremento significativo, de 5.2 en el 2007 a 10 inflorescencias por cm² de ASR en el 2008 (Cuadro 4).

Discusión

Cuajado de frutos. La mayor efectividad en reducir el cuajado de frutos fue observada en el tratamiento que involucra una aspersion con ANA en post-floración (Caz-Ap + ANA), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Berlanga *et al.* (2008), quienes mostraron al ANA como el raleador químico aplicado post-floración más eficiente en reducir el cuajado de frutos. Se ha encontrado que el ANA funciona inhibiendo la actividad fotosintética y por lo tanto el suministro de carbohidratos para el cuajado y crecimiento de frutos (Dennis, 2002). El periodo de mayor sensibilidad de los frutos a

un déficit de carbohidratos, para su posterior caída, se encuentra entre los 10 y los 30 días después de floración (Stopar, 1998), por esta razón la aplicación de ANA en post-floración indujo una mayor caída de frutos que la aplicación de ANA en floración (Cuadro 1). Por su parte, el tratamiento con Caz-Ap tiene un efecto tóxico sobre los órganos florales, lo que impide la polinización y el posterior cuajado de fruto; y este tratamiento por sí solo no ralea significativamente en comparación con el testigo (Cuadro 1). Se puede establecer que existe un sinergismo entre el Caz-Ap aplicado en floración y el ANA en postfloración. Este tratamiento puede reducir significativamente el costo de mano de obra ya que, comercialmente, después del raleo químico los productores llevan a cabo un raleo manual de ajuste, el cual es más rápido y por lo tanto menos costoso, en tanto más efectivo haya sido el raleo químico.

La falta de respuesta de la mayor parte de los raleadores químicos se pudo haber debido al rápido secado de la solución sobre el tejido de las flores, dado que la humedad relativa al momento de la aplicación se encontraba entre 10 y 15%, ya que en un lento secado se favorece la absorción del ingrediente aplicado en la aspersion y se potencializa el efecto de los raleadores (Janoudi y Flore, 2005). Entonces, la baja humedad relativa es un factor limitante para la efectividad de los raleadores químicos de flores en la región, que bien pudiera ser superado con la adición de un coadyuvante durante la aspersion. A pesar de las condiciones de baja humedad relativa durante la aplicación, el tratamiento Caz-Ap+ANA mostró una eficiencia satisfactoria en el raleo debido a que es un tratamiento agresivo en comparación con los otros productos evaluados. Además, la efectividad de los reguladores del crecimiento (ANA, BA y AG) en el raleo, está muy influenciada por las condiciones ambientales (Greene, 2002). Por otra parte, otros investigadores han encontrado al tiosulfato de amonio poco eficiente en reducir el cuajado de frutos (Nichols *et al.*, 2004).

Uno de los mecanismos de acción de los raleadores ANA y 6-BA es la inhibición de la actividad fotosintética y, por lo tanto, una reducción en la disponibilidad de fotosintatos para los frutos en desarrollo (Untiedt y Blanke, 2001; Dennis, 2002); sin embargo, durante la floración, la principal fuente de carbohidratos no es la fotosíntesis, sino los carbohidratos de almacenamiento (Jackson, 2003), situación que pudo provocar la falta de respuesta a los raleadores químicos aplicados en floración en el presente experimento.

Aunque el ANA puede promover la formación de etileno y provocar una abscisión, la mayor eficiencia del ANA como raleador se consigue cuando se aplica después de la caída de pétalos (Forshey, 1986). Por otra parte, al ser los raleadores de flores productos cáusticos que dañan los órganos florales, la efectividad de estos productos está determinada por el momento de la aplicación, por lo que deben aplicarse cuando la primera flor (flor reina) de la inflorescencia ha sido fecundada (Fallahi y Willemsen, 2002); por lo tanto, es de gran importancia una relativa uniformidad en el estadio de desarrollo de las flores del árbol al momento de la aplicación; sin embargo, en la región productora de manzana en el estado de

Chihuahua en los últimos años se han presentado periodos de floración anormalmente largos y desuniformes, debido a una limitada acumulación de frío invernal (UNIFRUT, 2007), como es el caso de los años de evaluación (Figura 1), en los que se acumularon 660 y 889 unidades frío en el 2006 y 2007, respectivamente. Lo cual puede ser causa de una reducida eficiencia de los raleadores químicos de flores, situación que puede hacer necesarias varias aplicaciones. En estudios realizados por McCartney *et al.* (2006) se obtuvieron resultados satisfactorios con varias aplicaciones de cal-azufre durante floración en árboles de manzano, encontrando una reducción adicional en el cuajado de frutos de 10.2% después de cada una de cuatro aplicaciones sucesivas.

Diámetro de frutos. El incremento significativo en el tamaño de frutos a cosecha en ambos cultivares pudo deberse a un menor cuajado de frutos obtenido con el tratamiento Caz-Ap + ANA, esto por una menor competencia entre frutos y una mayor disponibilidad de carbohidratos durante las fases iniciales de desarrollo (Cuadro 2). Cabe señalar que esta variable es uno de los objetivos del raleo de frutos y se logró de manera consistente sólo mediante el tratamiento de Caz-Ap + ANA.

Figura 1. Floración en árboles de manzana 'Golden Delicious' y 'RedChief Delicious', durante los ciclos 2006 y 2007, con una acumulación de 660 y 889 unidades frío, respectivamente.



Roseteado de frutos. La mayor severidad del roseteado observada en 2006 (Cuadro 3) fue probablemente debida al periodo de floración más prolongado (Figura 1), lo que provocó que al momento de la aplicación ya hubiera presencia de frutos con un mayor diámetro ecuatorial, y por lo tanto con mayor posibilidad de daño (Fallahi y Willemsen, 2002).

Eficiencia en la producción. La reducción en el cuajado de frutos causado por los raleadores no afectó el peso total de la producción de fruta a cosecha. Esto debido a que el menor número de frutos en los árboles raleados eficientemente se compensa con un mayor tamaño de los mismos. Jackson (2003) establece que en frutos de manzano, un raleo temprano puede duplicar el periodo de división celular del fruto, en comparación con lo de un testigo no raleado.

Retorno de la floración. El tratamiento con ANA se mostró eficiente al promover el retorno de la floración y por lo tanto en reducir la alternancia en la producción de árboles 'Golden Delicious', lo cual coincide con lo encontrado por Wismer et al. (1995), quienes mencionan al ANA como un promotor eficiente del retorno de la floración en manzano.

Por otra parte, la alternancia en la producción es un problema más notorio en 'Golden Delicious', por lo que la variación en la producción en 'RedChief Delicious', aunque no se determinó en esta evaluación, pudo haber sido ocasionada por factores relacionados con polinización, ya que los cultivares del grupo 'Red Delicious' son autoestériles (Guerrero et al., 2006).

Conclusiones

Ninguno de los tratamientos químicos mostró efectos similares al raleo manual en floración (al cual se pretende sustituir para reducir el costo que representa). Sin embargo, tanto en 'Golden Delicious' como en 'RedChief Delicious', la aspersión con cal-azufre en floración y ácido naftalenacético en postfloración, fue el más eficiente en reducir el

cuajado de frutos con relación al testigo, sin afectar el rendimiento a cosecha. Además, fue el tratamiento que, exceptuando un año en RedChief Delicious, incrementó el tamaño de los frutos a cosecha. Sin embargo, la aspersión con cal-azufre en floración provocó roseteado en la epidermis de los frutos 'Golden Delicious'. La aspersión durante floración, con ácido naftalenacético a dosis de 12.4 mg L⁻¹, fue el único tratamiento capaz de reducir significativamente la alternancia de la producción en 'Golden Delicious'. Con base en los resultados observados se puede establecer que los tratamientos químicos más eficientes no pueden sustituir completamente al raleo manual en floración, pero sí pueden reducir significativamente el tiempo y costo invertidos en el raleo manual de ajuste que se lleva a cabo después del raleo químico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación PRODUCE Chihuahua, a la Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua A. C. (UNIFRUT), por el apoyo financiero y al Sr. Abraham Olfert Krahn, por las facilidades prestadas para el establecimiento de la parcela experimental y apoyo en las labores de campo.

Literatura citada

- ANÓNIMO. 2004. Sistema de Análisis Estadístico (SAS) versión 9.0 Institute Inc. Cary, NC.
- BERLANGA, D.I., A. Romo, A.R. Martínez and V.M. Guerrero. 2008. Apple fruit chemical thinning in Chihuahua, Mexico. *Rev. Fitotec. Mex.* 31:243-250.
- BERTELSEN, M.G. and D.S. Tustin. 2002. Suppression of flower bud formation in light cropping trees of 'Pacific Rose' apple using gibberellin sprays. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 77:753-757.
- DENNIS, F.G. Jr. 2000. The history of fruit thinning. *Plant Growth Reg.* 31:1-16.
- DENNIS, F.G. Jr. 2002. Mechanisms of action of apple thinning chemicals. *HortScience* 37:471-474.
- FALLAHI, E., C.R. Rom and B. Fallahi. 2006. Effects of hydrogen cyanamide, ammonium thiosulfate, endothalic acid, and sulfurcarbamide on blossom thinning, fruit quality, and yield of apples. *J. Amer. Pomol. Soc.* 60:198-204.
- FALLAHI, E., M.W. Williams and W.M. Colt. 1997. Blossom thinning of 'Law Rome Beauty' apple with hydrogen cyanamide and monocarbamide dihydrogensulfate. *J. Tree Fruit Prod.* 2:33-44.
- FALLAHI, E. and K.M. Willemsen. 2002. Blossom thinning of pome and stone fruit. *HortScience* 37:474-477.

- FERREE, D.C., D.M. Scurlock and J.C. Schmid. 2004. Influence of application time and gibberellic acid concentration on 'Seyval Blanc' grapes. *J. Amer. Pomol. Soc.* 58:220-225.
- FORSHEY, C.G. 1986. Chemical fruit thinning of apples. *New York's Food and Life Sciences Bulletin* 116:1-7.
- GREENE, D.W. 2002. Chemicals, timing, and environmental factors involved in thinner efficacy on apple. *HortScience* 37:477-481.
- GUERRERO, V.M., A. Romo, J.A. Orozco, D.I. Berlanga, A.A. Gardea y R.A. Parra. 2006. Polinización en manzanos 'Red Delicious' y 'Golden Delicious'. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:41-45.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2007) Anuario estadístico. México. http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/Aee07/info/chi/c08_01.xls (Fecha de consulta: Agosto 18 de 2008).
- JACKSON, J.E. 2003. *Biology of Apples and Pears*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 488 pp.
- JANOUDI, A. and J.A. Flore. 2005. Application of ammonium thiosulfate for blossom thinning in apples. *Scientia Hort.* 104:161-168.
- LENAHAN, O.M. and M.D. Whiting. 2006. Physiological and horticultural effects of sweet cherry chemical blossom thinners. *HortScience* 41:1547-1551.
- LOMBARD, P.B., N.W. Callan, F.G. Dennis Jr., N.E. Looney, G.C. Martin, A.R. Renquist and E.A. Mielke. 1988. Towards a standardized nomenclature, procedures, values, and units in determining fruit and nut tree yield performance. *HortScience* 23:813-817.
- MCCARTNEY, S., J. Palmer, S. Davies and S. Seymour. 2006. Effects of lime sulfur and fish oil on pollen tube growth, leaf photosynthesis and fruit set in apple. *HortScience* 41:357-360.
- MIRANDA, C., L.G. Santesteban, J.B. Royo. 2005. Removal of the most developed flowers influences fruit set, quality, and yield of apple clusters. *HortScience* 40:353-356.
- NICHOLS, D., C.H. Embree, J. Cline and H.Y. Ju. 2004. Blossom and fruitlet thinners affect crop load, fruit weight, seed number, and return bloom of 'Northern Spy' apple. *HortScience* 39:1309-1312.
- RICHARDSON, E.A., S. Seeley and D. Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest of 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* 9:331-332.
- SCHUPP, J., J. McFerson and T. Robinson. 2005. Alternative methods for apple thinning. *The Compact Fruit Tree* 38:21-22.
- STOPAR, M. 1998. Apple fruitlet thinning and photosynthate supply. *J. Hort. Sci. Biotech.* 73:461-466.
- UNTIEDT, R. and M. Blanke. 2001. Effects of fruit thinning agents on apple tree canopy photosynthesis and dark respiration. *Plant Growth Reg.* 35:1-9.
- UNIFRUT (Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua AC) (2007) Estadísticas realizadas por la UNIFRUT. http://www.unifrut.com.mx/index_archivos/estaciones/uni_frio.php. (Fecha de consulta: Mayo 7 de 2008).
- WALDNER, W. and M. Knoll. 1998. The influence of fruit load on biennial bearing of 'Fuji'. *The Compact Fruit Tree* 31:25-29.
- WERTHEIM, S.J. 2000. Developments in the chemical thinning of apple and pear. *Plant Growth Reg.* 31:85-100.
- WISMER, P.T., J.T.A. Proctor and D.C. Elfving. 1995. Benzyladenine affects cell division and cell size during apple fruit thinning. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:802-807. 

Este artículo es citado así:

Berlanga-Reyes, D. I., C. Rios-Velasco, A. Romo-Chacón y V. M. Guerrero-Prieto. 2012: *Raleo químico de flores de manzano (Malus x domestica Borkh.) 'Golden Delicious' y 'RedChief Delicious'*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(3): 147-157.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

DAVID IGNACIO BERLANGA REYES. Terminó su licenciatura en 1992 en la Facultad de fruticultura, hoy Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó un posgrado en el Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias especialista en fruticultura en el año de 1996. De 1996 a 2003 se desempeñó como asesor de producción en huertos comerciales de manzana. Del 2003 a la fecha labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo AC con el puesto de Técnico Titular "B". Es catedrático en la Facultad de Ciencia Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es Especialista en Fisiología y Nutrición Vegetal y Fisiología Poscosecha. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura. Es autor o coautor de 11 artículos científicos. Ha participado en 15 Congresos Nacionales e Internacionales. Ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

CLAUDIO RIOS VELASCO. Terminó su licenciatura en 2005, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo por el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Realizó su posgrado en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias en Parasitología Agrícola en 2007 y 2011 respectivamente, por la UAAAN. Desde 2011 labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), Unidad Cuauhtémoc y posee la categoría de Profesor-Investigador titular A. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 1 2013-2015). Su área de especialización es el manejo integrado de plagas, control biológico y control microbial. Ha dirigido 8 tesis de licenciatura. Es autor de aproximadamente 13 artículos científicos, más de 25 ponencias en congresos. Es árbitro de 5 revistas científicas de circulación internacional.

ALEJANDRO ROMO-CHACÓN. Terminó su licenciatura en 1995, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en producción y comercialización hortofrutícola por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la misma Facultad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Productividad Frutícola en 2000. Desde 2000 labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Campus Cuauhtémoc y posee la categoría de Investigador Asociado B. Su área de especialización es la Productividad Frutícola. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura, y 3 tesis de maestría. Es autor o colaborador de aproximadamente 13 artículos científicos, más de 10 ponencias en congresos, 1 capítulo de libros científicos; además ha impartido 5 conferencias por invitación y ha dirigido 6 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Fue evaluador de proyectos de investigación de Fundación Produce Chihuahua, y árbitro de una revista científica de circulación internacional.

VÍCTOR MANUEL GUERRERO PRIETO. Terminó su licenciatura en 1975, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Fruticultor por la hoy Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH. Realizó su posgrado en la Oregon State University en Corvallis, OR. EUA, donde obtuvo el grado de Master of Science en Horticultura en 1984 y el grado de Doctor en Ciencias en Agronomía por la New Mexico State University en la Cruces, N. M. EUA en 1995. Desde este año 2011, se reincorporó a la FACIATEC en el Campus Cuauhtémoc, Chih. y posee la categoría de Profesor-Investigador ATA. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 a 1990 (Candidato a Investigador Nacional) y actualmente es Investigador Nacional Nivel I, desde el 2002. Su área de especialización es el la fisiología vegetal y de poscosecha, así como el control biológico de enfermedades poscosecha utilizando microorganismos. Ha dirigido 14 tesis de licenciatura, 8 de maestría y 6 de doctorado. Es autor de 37 artículos científicos, más de 60 ponencias en congresos, 1 libro y 2 capítulos de libro científicos; además ha impartido 9 conferencias por invitación y ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador RCEA de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales), Fundación Produce Chihuahua, es revisor del seguimiento de los Fondos sectoriales SAGARPA-CONACYT Y DEL CyTED, Madrid, España y es árbitro de 9 revistas científicas de circulación nacional e internacional.

Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México

Seed quality influence in bean production in the northern-central Mexico

MARIO RENÉ ÁVILA-MARIONI¹, JUAN LUIS JACOBO-CUELLAR^{1,2}, RIGOBERTO ROSALES-SERNA¹, JOSÉ DE JESÚS ESPINOZA-ARELLANO¹, HORACIO GONZÁLEZ-RAMÍREZ¹ Y ARNULFO PAJARITO-RAVELERO¹

Recibido: Abril 13, 2012

Aceptado: Noviembre 8, 2012

Resumen

La semilla es un insumo básico para el incremento de la productividad, desafortunadamente los sistemas convencionales de producción de semilla certificada respaldados por programas estatales y federales han tenido poca relevancia, ya que entre los mismos agricultores se señala que ellos llegan a abastecerse de hasta el 95% de las necesidades de semillas. En el caso específico del norte-centro de México se estima que la semilla para siembra tiene su origen en grano comercial, grano de siembras anteriores o intercambio de grano para siembra. El uso de semilla certificada y grano de frijol en diferentes ambientes potenciales y su impacto en la producción no se ha cuantificado, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de la semilla de calidad en la productividad del cultivo de frijol bajo condiciones de temporal en la región norte centro de México. Se utilizó, como herramienta básica de información, una encuesta formal aplicada en 2008-2009 a una muestra de 496 productores seleccionados al azar de un universo de 45,000 en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas. Los agricultores vertieron información en la encuesta sobre los rendimientos alcanzados en sus parcelas de acuerdo al origen de la semilla en años buenos, regulares y malos. El análisis de resultados permitió señalar que la diferencia en uso de semilla certificada y no certificada en el norte centro de México generó un diferencial en producción de 491 kg ha⁻¹ en años buenos, 107 kg ha⁻¹ en años regulares y 150 kg ha⁻¹ en años malos, mostrando también diferencias estadísticas significativas con base en las pruebas no paramétricas de X² y Mann-Whitney. El beneficio económico marginal asociado con el uso de semilla certificada fue de 4,320, 470 y 900 pesos ha⁻¹ en años buenos, regulares y malos, respectivamente, por lo que es económicamente viable utilizar semilla certificada en la siembra de frijol de temporal en la región norte centro de México.

Palabras clave: semilla certificada, agricultura de temporal, ambientes, beneficio económico.

Abstract

The seed is a basic input for increasing productivity, unfortunately conventional certified seed production systems, supported by federal and state programs have had little relevance, and even farmers point out that 95% of seeds needed are being supplied by themselves. In the specific case of the northern-central Mexico, it is estimated that the seed for sowing grain has its origins in commercial grains, from past season sown grains or in the trade for sowing grains. The use of certified seeds and bean grains in different potential environments and their impact on the production has not been quantified, therefore, the objective of this research was to determine the influence of using quality seeds in the productivity of bean crop under rainfed agriculture conditions in the northern-central Mexico region. As a basic information tool, a formal survey was applied in 2008-2009, in to a sample of 496 growers selected randomly from a population of 45,000 growers in the states of Chihuahua, Durango and Zacatecas. Growers provided information into the survey about yield achieved in their plots according to the origin of the seed in good, regular and bad years. The results allowed to point out the difference in the use of certified and non-certified seeds in the northern-central Mexico, created a differential production of 491 kg ha⁻¹ in good years, 107 kg ha⁻¹ in regular years and 150 kg ha⁻¹ in bad years, also showing statistically significant differences based on the non-parametrical X² and Mann-Whitney tests. The marginal economic benefit associated with the use of certified seed was of 4,320, 470 and 900 pesos ha⁻¹ in good, regular and bad years, respectively; making it economically feasible to use certified seed bean, when sowing bean in rainfed agriculture condition in the northern-central Mexico region.

Keywords: certified seed, rainfed agriculture, environments, economic benefit.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Hidalgo 1213, Col. Centro, Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 31500.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: jacobojuan@inifap.gob.mx.

Introducción

La semilla es el origen del proceso de producción agrícola, y el empleo de semilla de calidad es fundamental para establecer las bases de una buena cosecha y reducir riesgos productivos. Desafortunadamente, en países en desarrollo se ha detectado que entre el 70 y 95% de las necesidades de semilla de frijol es cubierto por los mismos productores (Ferro *et al.*, 2009) con baja calidad de semilla, porque lo que impera es la compra de grano comercial, grano de siembras anteriores o intercambio de grano para siembra (Cano y Viana, 1994).

En México, el 50% de la producción de frijol se obtiene bajo condiciones de temporal con precipitaciones pluviales que oscilan entre 200 y 400 mm; bajo estas condiciones, los estados de Zacatecas, Durango y Chihuahua fueron los principales productores con 533,794 toneladas durante el año 2008, en una superficie sembrada de 1,078,372 hectáreas y con un valor de 2,570 millones de pesos (Sagarpa, 2009). Aún en condiciones de temporal, es posible incrementar el rendimiento de frijol con la adopción y uso de nuevas tecnologías de producción, entre las que se incluye el uso de semilla certificada de variedades mejoradas con alto rendimiento y calidad del grano (Acosta *et al.*, 2008).

En cuanto a semilla se refiere, es importante impulsar su adquisición periódica en categoría certificada y posteriormente impulsar la producción no formal de semillas de calidad por los propios agricultores, para la siembra del siguiente ciclo (Fernández *et al.*, 2007). No obstante las ventajas del uso de semilla de calidad, en el norte centro de México, una gran proporción de productores emplea grano para la siembra de frijol, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de la semilla de calidad en la productividad del cultivo de frijol bajo condiciones de temporal en la región norte centro de México.

Materiales y métodos

Durante los años 2008 y 2009 mediante entrevista directa se aplicó un cuestionario a una muestra de 496 productores de frijol de los

estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, con la que se obtuvo información que permitió establecer la respuesta en rendimiento que han alcanzado con el uso de semilla certificada.

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula sugerida por Rojas (1982) para un muestreo probabilístico cualitativo en el caso de estudios considerados complejos.

$$n = \frac{\left[\frac{Z^2 q}{E^2 p} \right]}{1 + \frac{1}{N} \left[\frac{Z^2 q - 1}{E^2 p} \right]} = 456$$

Donde:

n = tamaño de muestra	
Z = niveles de confianza	Z = 95 %
q = variabilidad	q = 0.5
p = variabilidad	p = 0.5
E = precisión	E = 0.08
N = población	N = 45,000

El tamaño de la muestra fue de 456 productores de acuerdo al nivel de confianza y precisión establecidos, sin embargo, se aplicó un 10% más de entrevistas y se trabajó sobre la base de un número de 496 cuestionarios.

El número de entrevistas definidas fue de 151, 195 y 150 para los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, respectivamente, cantidad que se determinó con base en el

número de productores, superficie sembrada, importancia del frijol pinto y principales municipios implicados en la producción.

El cuestionario se estructuró con 30 preguntas del tipo cerradas y abiertas, diseñado para obtener información personal del productor (nombre, dirección, edad y escolaridad), aspectos socioeconómicos (propiedad de la tierra, superficie que siembra, disponibilidad y tipo de crédito, asistencia técnica, organización y comercialización) e información técnica del cultivo (variedad que siembra, origen, calidad de la semilla y rendimientos en ambientes buenos, regulares y malos). La última sección de la información recopilada fue la que se utilizó para este estudio. El cuestionario se valoró previamente para ver su funcionalidad y hacer los ajustes respectivos, posteriormente se aplicó directamente en entrevistas personales con los agricultores.

El trabajo de campo lo realizó personal investigador de los campos experimentales del INIFAP Sierra de Chihuahua, Valle del Guadiana y Zacatecas.

La información obtenida en la encuesta se agrupó con base en la producción de frijol y el uso de semilla certificada en ambientes buenos (más de 400 mm de lluvia y buena distribución), regulares (300 a 400 mm de lluvia y distribución irregular) y malos (menos de 300 mm de lluvia y mala distribución). Se empleó la prueba de X^2 (Sprent y Smeeton, 2001) para detectar diferencias significativas entre producción de frijol y uso de semilla de calidad. Posteriormente, la información se separó por estado, se aplicó la prueba F de Snedecor para homogeneidad de varianzas. Con la distribución t de Student a un nivel de confianza del 90% se comparó la producción entre el uso de semilla certificada y no certificada dentro y entre estados para cada uno de los escenarios. Finalmente, considerando el costo de la semilla certificada y el beneficio de su empleo, se realizó un análisis económico marginal (Perrin *et al.*, 1979).

Resultados y discusión

Uso de semilla certificada. Los resultados permitieron señalar que el 78% de los productores encuestados prefirió sembrar grano obtenido de sus terrenos en la cosecha anterior y en el menor de los casos realizaron un proceso de selección de semilla, mientras que otros combinaron el grano propio con otro comprado o intercambiado con agricultores locales. Se corroboró que en la región productora de frijol del norte centro de México, la utilización de semilla certificada fue muy reducida en siembras establecidas en condiciones de temporal. Lo anterior, a pesar que se ha demostrado que en localidades con potencial productivo bueno y mediano es posible incrementar el rendimiento con el uso de este insumo agrícola.

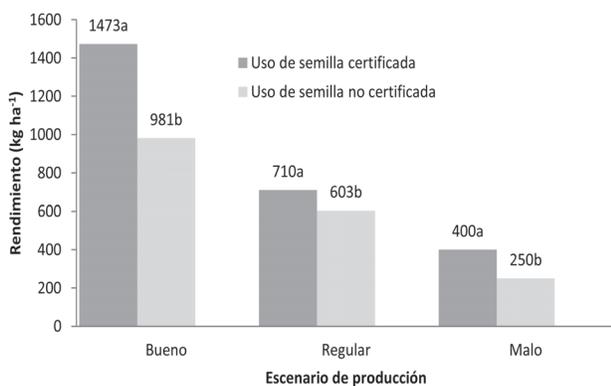
La generación de variedades mejoradas con el objetivo de incrementar el rendimiento y garantizar, supuestamente, la seguridad alimentaria (Rodríguez, 2004), es uno de los campos de investigación donde organismos internacionales, nacionales y compañías privadas han destinado gran cantidad de recursos; desafortunadamente, el bajo empleo de semilla certificada en siembras de frijol de temporal en el Norte-Centro de México, coincide con resultados de diagnósticos en otros cultivos realizados en Centro y Sudamérica, en los que se ha detectado que más del 85% de productores utiliza grano para siembra (Moreno *et al.*, 2003; Ponce *et al.*, 2004; Suárez *et al.*, 2005; Ortiz *et al.*, 2006).

El uso de semilla certificada para siembra, que en el caso del norte-centro de México fue del 22%, es un poco más alto si se compara con resultados de diagnósticos realizados en Centro y Sudamérica, en los que se reporta que los productores utilizan entre el 0 y 10% de semilla certificada (Pino *et al.*, 2007; Ferro *et al.*, 2009). La baja demanda de semilla certificada se debe, de acuerdo con Ferro *et al.* (2009), y que coincide con lo observado en el sistema de producción de frijol de temporal en

el norte-centro de México, es que una proporción muy alta de los productores utiliza la producción para autoconsumo, y para abaratar los costos emplea grano para la siembra. Además, el precio de venta de la semilla certificada es alto y el productor muestra poco interés por utilizarla. La condición socioeconómica del mismo productor y la poca difusión de las ventajas de la semilla certificada limitan el uso de este importante insumo, que puede aumentar considerablemente los rendimientos de frijol por hectárea en áreas definidas como buen potencial.

Incrementos en rendimiento. El uso de semilla certificada generó incrementos significativos del rendimiento, ya que se produjeron 1,473, 710 y 400 kg ha⁻¹ en ambientes buenos, regulares y malos, respectivamente, mientras que con el uso de semilla no certificada, los rendimientos reportados fueron de 981, 603 y 250 kg ha⁻¹ para los mismos escenarios, respectivamente (Figura 1).

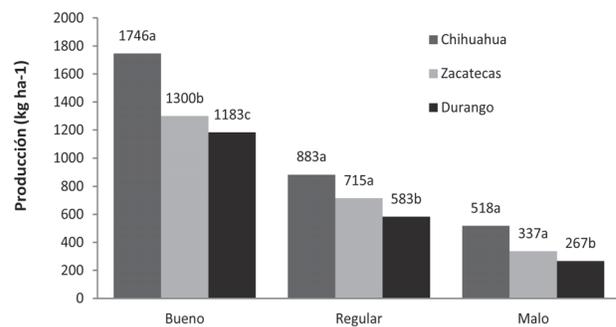
Figura 1. Rendimiento de frijol con uso de semilla certificada y no certificada bajo diferentes escenarios de producción en el norte centro de México. Valores con la misma letra dentro de escenarios significa igualdad estadística entre ellos.



Rendimientos en Chihuahua, Durango y Zacatecas. El uso de semilla certificada generó diferencias significativas en la producción de frijol cuando se comparó entre estados. La producción de frijol en el estado de Chihuahua

fue la más alta con 1,746, 883 y 518 kg ha⁻¹, le siguió Zacatecas con 1,300, 715 y 377 kg ha⁻¹, mientras que para Durango se registró una producción de 1,183, 583 y 267 kg ha⁻¹ para escenarios buenos, regulares y malos, respectivamente (Figura 2).

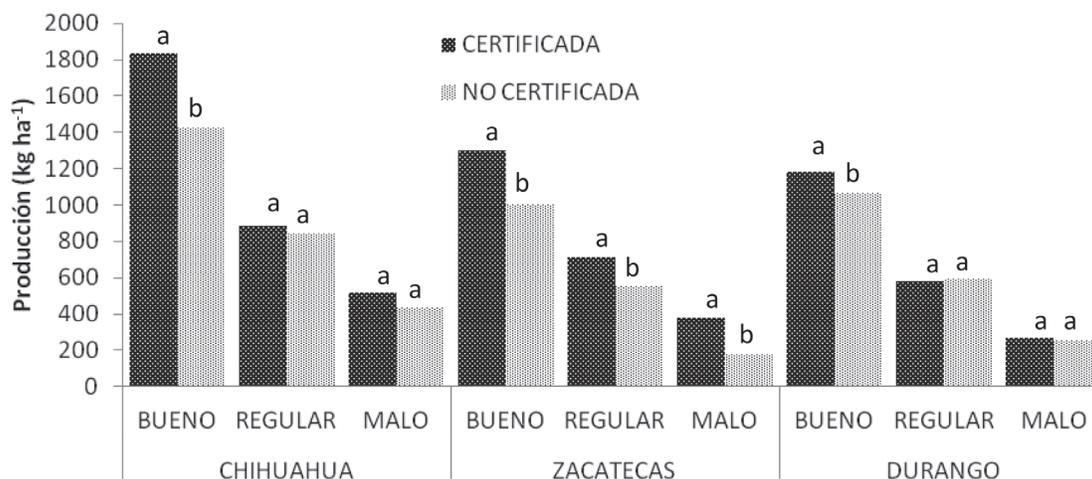
Figura 2. Rendimiento de frijol con uso de semilla certificada bajo diferentes escenarios y estados del norte centro de México. Valores con igual letra dentro de escenarios significa igualdad estadística entre ellos.



En el estado de Chihuahua, la producción de frijol con uso de semilla certificada difirió estadísticamente sólo para sitios o ambientes con buen escenario, la diferencia en producción entre el uso de semilla certificada y no certificada fue de 413 kg ha⁻¹ (Figura 3). En escenarios regulares o malos hubo diferencias numéricas de 38 y 82 kg ha⁻¹ a favor del uso de semilla certificada.

En el caso de Zacatecas, se detectaron diferencias significativas en producción de 295, 162 y 202 kg ha⁻¹ a favor del uso de semilla certificada en los escenarios buenos, regulares y malos, respectivamente. Mientras que en Durango, la producción de frijol entre semilla certificada y no certificada fue estadísticamente diferente para escenarios buenos con un diferencial de 115 kg ha⁻¹ en favor de semilla certificada, en escenarios regulares y malos la producción de frijol fue estadísticamente igual, incluso en el escenario regular, el uso de semilla no certificada tuvo un diferencial de 11 kg ha⁻¹ a favor (Figura 3).

Figura 3. Producción de frijol por estado, ambientes y uso de semilla certificada de frijol en el norte centro de México. Columnas con igual letra dentro de ambientes son estadísticamente iguales entre sí con una confianza de 90%.



Análisis económico marginal. La evaluación económica de presupuesto parcial en el uso de semilla certificada y grano apto para siembra de frijol en la región norte centro de México, después de descontar los costos variables relacionados con la calidad de la semilla, permitió señalar que la respuesta en rendimiento se reflejó en el ingreso bruto de \$14,730 y \$9,810 que se obtiene por hectárea en el ambiente de buen potencial productivo, \$7,100 y \$6,030 en un ambiente regular y \$3,100 y \$2,200 bajo condiciones críticas desde la perspectiva de precipitación (Cuadro 1). El costo de utilizar semilla certificada es de \$900 por hectárea, en contraste con los \$300 por hectárea que cuesta utilizar semilla no certificada.

En el ambiente bueno, la diferencia en beneficio neto por utilizar semilla certificada fue de \$4,320 por hectárea, en comparación con los \$470 y \$900 que se obtienen en los ambientes regular y malo.

Se esperaría que la respuesta al uso de semilla certificada tuviera una tendencia de mayor a menor beneficio marginal conforme el ambiente es menos propicio para el cultivo de frijol, debido a que la semilla de mejor calidad o certificada expresa mejor su potencial en

condiciones favorables, sin embargo, se encontró que en el ambiente malo el beneficio neto es más alto con respecto al regular.

Se demostró que el uso de semilla certificada es una opción tecnológica que incrementa el rendimiento de frijol y los beneficios económicos obtenidos con esta leguminosa. Los resultados fueron evidentes en los ambientes buenos, registrados en los estados de Chihuahua y Zacatecas.

Trabajos relacionados con ambientes potenciales para la producción de frijol, calidad de semilla y producción, no son comunes en el acervo bibliográfico, por lo que se sienta un precedente para trabajos de este tipo.

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación y estimado solo para el estado de Chihuahua, si al productor que produce en ambiente favorable se le apoya en la compra de semilla certificada para la siembra de frijol, la producción registraría un aumento de 14,700 toneladas y el ingreso para los productores sería de 147 millones de pesos. Además del beneficio evidente para los productores, los consumidores también se favorecerían al poder adquirir el producto a mejor precio.

Cuadro 1. Presupuesto parcial de rendimientos promedio de frijol en diferentes ambientes utilizando semilla certificada y no certificada en la región norte-centro de México.

Concepto	Ambientes (potencial productivo)					
	Bueno		Regular		Malo	
	Certificada	No certificada	Certificada	No certificada	Certificada	No certificada
Rendimiento promedio (kg ha ⁻¹)	1,473	981	710	603	400	250
Beneficio bruto de campo (\$/ha ⁻¹)	14,730	9,810	7,100	6,030	4,000	2,500
Costos variables: semilla (30 kg ha ⁻¹)	900	300	900	300	900	300
Costos variables de oportunidad:	0	0	0	0	0	0
Total costo variables (\$ ha ⁻¹)	900	300	900	300	900	300
Beneficio neto (\$ ha ⁻¹)	13,830	9,510	6,200	5,730	3,100	2,200

Costo de semilla certificada \$30 por kg y \$10 por kg grano apto para siembra.

Nota: Se consideró un precio medio rural de venta 2010 de \$10 por kg.

Conclusiones

El uso de semilla certificada es una opción tecnológica que incrementa el rendimiento del frijol, especialmente en ambientes buenos de los estados de Chihuahua y Zacatecas.

El beneficio económico marginal obtenido con el uso de semilla certificada fue más alto en ambientes buenos, en los que se alcanzó un incremento del ingreso de 4,320 pesos por hectárea.

Literatura citada

- ACOSTA, J. A., F. M. Mendoza, B. Aguilar, G. Esquivel, R. Rodríguez y S. H. Guzmán. 2008. Negro Guanajuato, nueva variedad de frijol para el centro de México. *Agricultura Técnica en México*, 34:107-111.
- CANO, J. T. y R. A. Viana. 1994. Estudio de factibilidad para la producción de frijol en Tuxtla, Veracruz, México. Documento interno. Programa Regional de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe. (PROFRIJOL). Guatemala. 11 p.
- FERNÁNDEZ, P., M.R. Ávila y R. Gutiérrez. 2007. Tecnología para producir frijol en el estado de Chihuahua. Publicación Técnica Núm. 1. CESICH, CIRNOC, INIFAP, SAGARPA. Cd. Cuauhtémoc, Chih. 39 p.
- FERRO, E. M., E. Chirino, M. Márquez, H. Ríos, O. Rodríguez, R. J. Valdés y A. A. Sarmiento. 2009. Aporte del sistema formal en semillas mejoradas de granos básicos y cereales a la seguridad alimentaria de la Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales (Cuba)*, 30(2): 59-65.
- MORENO, I., H. Ríos, y C. Almenkinders. 2003. Caracterización de sistemas locales de arroz de la Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 24(4): 49-54.
- ORTIZ, R., H. Ríos, S. Miranda, M. Ponce, E. Quintero y O. Chaveco. 2006. Avances del mejoramiento genético participativo en Cuba. *Agronomía Mesoamericana*, 17(3): 337-346.
- PERRIN, R. K., D. L. Winkelmann, E. R. Moscardi y J. R. Anderson. 1979. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, D.F. 54 p.
- PINO, M^a de los A., M. E. Domini, L. Hernández y E. Calves. 2007. Selección participativa de variedades de *Capsicum* sp. en el contexto urbano. *Cultivos Tropicales*, 28(2): 5-11.
- PONCE, M., R. Ortiz, H. Ríos, C. de la Fe, R. Valdez y R. Hernández. 2004. Elaboración de piensos locales por métodos participativos. In: Memorias del XIII Congreso del INCA. San José de las Lajas, Cuba. 178 p.
- RODRÍGUEZ, M.J.N. 2004. Desarrollo endógeno local de productores rurales de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) en dos comunidades rurales de Puebla, México (Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas). Puebla, Colegio de Postgraduados, 192 p.
- ROJAS, R. 1982. Guía para realizar investigaciones sociales. Ed. Dirección General de Publicaciones, UNAM, México, D.F., 274 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. Estadísticas 1997-2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Consulta: agosto 18, 2009.
- SPRENT, N., and N.C. Smeeton. 2001. Applied nonparametric statistical methods. 3rd edition. Chapman and Hall. CRC. USA. 461 p.
- SUAREZ, L., M. M. Hernández, H. Ríos. 2005. Caracterización de los sistemas locales de manejo de la semilla de yuca (*Manihot sculenta* Crantz) en dos localidades del municipio La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 26(2): 59-63. 

Este artículo es citado así:

Ávila-Marioni, M. R., J. L. Jacobo-Cuellar, R. Rosales-Serna, J. J. Espinoza-Arellano, H. González-Ramírez y A. Pajarito-Ravelero. 2012: *Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México*. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 6(3):158-164.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

MARIO RENÉ ÁVILA MARIONI. Es Ingeniero Agrónomo con Especialidad en Administración Agrícola por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se desempeña como investigador de tiempo completo en el área de Socioeconomía en el Campo Experimental Sierra de Chihuahua del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Cuenta con 10 artículos como autor y colaborador en revistas arbitradas, ha participado como coautor en 4 capítulos de libros científicos y técnicos. Tiene alrededor de 70 publicaciones diversas como autor y colaborador (trabajos completos y resúmenes en congresos nacionales e internacionales, folletos científicos, folletos técnicos y folletos para productores).

JUAN LUIS JACOBO CUELLAR. Terminó su licenciatura y obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Parasitología Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo. Realizó su posgrado en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, donde obtuvo el grado de Maestría en Ciencias en Fitopatología Agrícola y el grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología Agrícola. Labora como Investigador Titular en el Campo Experimental Sierra de Chihuahua del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y su área de especialización es el Manejo Integrado de Plagas.

RIGOBERTO ROSALES SERNA. Terminó su licenciatura y obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo con especialidad en fitotecnia en el Instituto Tecnológico Agropecuario Número 1 de Durango, Dgo. Realizó su posgrado en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, donde obtuvo el grado de Maestría en Ciencias en Genética y el grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Botánica. Labora como Investigador Titular en el Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Durango, Dgo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el Nivel I y su área de especialización es el mejoramiento genético de frijol y uso de los recursos genéticos en diferentes especies vegetales.

JOSÉ DE JESÚS ESPINOZA ARELLANO. Es Ingeniero Agrónomo en Economía Agrícola por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coah. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias en Economía en el Colegio de Postgraduados de Montecillos, México y el Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola en la Universidad de Texas A&M en Estados Unidos. Labora como Investigador Titular en el Campo Experimental de la Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT y miembro del Sistema Estatal de Investigadores del Estado de Coahuila.

HORACIO GONZÁLEZ RAMÍREZ. Licenciado en Economía (Universidad Veracruzana, 1981), Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional (Instituto Tecnológico de Durango, 1995), Doctor en Economía Especialidad Agrícola (Universidad Estatal de Michigan en EE. UU., 2003), Postdoctorado en Política Económica (Meiji Gakuin University. Tokyo, Japón, 2008), Diplomado en Economía Agroalimentaria (CITA, Zaragoza, España, 2010). Investigador titular del Programa de Socioeconomía del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental Valle del Guadiana en Durango, Dgo., México.

ARNULFO PAJARITO RAVELERO. Obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Guadalajara en el año 1984 con mención honorífica. Fue Becado por el Colegio de Postgraduados (CP) en el Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas (CREZAS) para hacer tesis de licenciatura. Ingresó al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) ahora INIFAP en 1984. Fue becado por el INIA para un curso de especialización en fisiología vegetal en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en 1986. Obtuvo mención honorífica en Investigación en San José Costa Rica en 1988. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Fitomejoramiento en 1991 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Fue miembro del SNI de 1991-1993 y Director del INIFAP en el estado de Durango en 2001-2003. Ha participado en la generación de variedades de frijol y en diferentes proyectos de investigación en las áreas de fisiología vegetal, agronomía, conversión productiva, alimentos y agricultura orgánica. Actualmente se desempeña como investigador de tiempo completo en el INIFAP desde 1984 trabajando en el cultivo de frijol.

Contribución de tres modelos en pruebas sensoriales de diferencia

Contribution of three models in sensory test of difference

YAMILA ÁLVAREZ-COUREAUX^{1,3} Y ADA MANRESA-GONZÁLEZ²

Recibido: Febrero 5, 2010

Aceptado: Mayo 10, 2010

Resumen

El empleo de los métodos para evaluar diferencias o agrado está muy extendido para una variedad de pruebas aparentemente sencillas de evaluación sensorial, ya sea empleando catadores o consumidores; sin embargo, se deben considerar las tendencias más actuales en este ámbito, es por ello que el artículo ofrece una introducción para el modelo Thurstoniano, así como su aplicación en las pruebas sensoriales. El tratamiento teórico abordado explica las diferencias detectadas en la ejecución de diversos protocolos, incluyendo las pruebas de diferencias, donde un pequeño cambio en las instrucciones dadas al juez puede alterar la proporción de respuestas correctas. Se comenta sobre el uso de la estadística binomial para el análisis de pruebas de diferencia, sus limitaciones y el efecto de la estrategia cognitiva adoptada por el catador durante la prueba; se analiza el modelo Thurstoniano en la respuesta de los evaluadores y la Teoría de Detección de Señales, además de abordar aspectos relacionados con el Análisis Secuencial de la Sensitividad, desarrollado como una evolución crítica al modelo Thurstoniano.

Palabras clave: Evaluación Sensorial, Modelo Thurstoniano, Teoría de Detección de Señales.

Abstract

The use of methods to evaluate differences or liking is very widespread for a variety of apparently simple sensory evaluation tests, either trained judges or consumers are being used. However, the most current tendencies in this area should be considered. That is why this article shows an introduction to the Thurstonian model as well as its application on sensorial tests. The discussed theoretical treatment explains the detected differences in the execution of diverse protocols, which include the test of differences, where a small change in the instructions given to the judges could alter the proportion of right answers. A comment is made about the use of the binominal statistics for the analysis of tests of difference, its limitations and the effect of adopted cognitive strategy by the testers during the test. The Thurstonian model in the judges' answers and the Signal Detection Theory are also analyzed. Moreover, some aspects related to Sequential Sensitivity Analysis, developed as a critical evolution of the Thurstonian model, are also uncovered.

Keywords: Sensory Evaluation, Thurstonian Model, Signal Detection Theory.

Introducción

Para que una ciencia progrese es importante contar con bases sólidas y modelos que expliquen los eventos de la ciencia en cuestión. Hasta hace unos años, el área de evaluación sensorial y los estudios con consumidor eran meramente una colección de métodos y datos sin una columna vertebral teórica.

¹ Universidad San Francisco de Quito. Círculo de Cumbayá s/n. Quito, Ecuador. Casilla postal 17-12-841. Tel. (593) 22971753.

² Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de la Habana. Calle 222 #2317 / 23 y 31 La Coronela La Lisa, La Habana. Cuba. Teléfonos: (537) 202-0930 (537) 202-0942, Fax: (537) 260-3894.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: yalvarez@usfq.edu.ec.

Los investigadores de la ciencia sensorial han entendido el rol del análisis estadístico para paliar las incongruencias de las mediciones en evaluación sensorial. Sin embargo, se ha detectado que los problemas principales están asociados con el acto de la medición misma. Por consiguiente, se hace necesario poner atención a los modelos de medición. Con estos antecedentes, el presente trabajo recoge la información principal acerca de una nueva visión del análisis sensorial desde el enfoque que se ha dado en llamar el modelo Thurstoniano.

La psicofísica es la parte de la filosofía empírica que estudia las reacciones entre lo físico y lo psíquico (Meilgaard *et al.*, 2007). La psicofísica sensorial busca, por su parte, estudiar el funcionamiento del sistema sensorial y los mecanismos cerebrales de captación de estímulos. Los investigadores de la temática sensorial deben utilizar la psicofísica, ya que los alimentos son evaluados por los sentidos humanos; por lo que, mientras mejor sea conocido el instrumento de trabajo, más eficientes serán las pruebas a diseñar.

Los psicólogos y los neurocientíficos trabajan evaluando el sistema sensorial y registrando los impulsos nerviosos. Otros estudios son los que utilizan modelos en animales, sin embargo, la forma de medir los estímulos se realiza, por lo general, sobre la base del comportamiento del individuo. Los integrantes de un grupo de estudio pueden ser seleccionados al azar, lo que permite realizar inferencias acerca de la población humana. La psicofísica supone que todos los sistemas sensoriales humanos actúan similarmente, de ahí que las muestras sean significativamente más pequeñas que para otros estudios (O'Mahony *et al.*, 1994).

Los grupos de evaluadores, independientemente del objetivo de la evaluación sensorial, están sujetos a mediciones de su comportamiento y cada grupo tiene su forma de controlar el desempeño del evaluador. En la evaluación sensorial, el análisis se lleva a cabo en compartimientos individuales o cabinas, lo que

permite la independencia en el juicio del catador. Las pruebas sensoriales con consumidores pueden realizarse en cualquier sitio donde estos se encuentren, o por medio de pruebas en el hogar. Por su parte, los estudios en psicofísica sensorial se realizan mediante la interacción uno a uno (evaluador-evaluado) y, de ser posible, el estudio se realiza a doble ciego.

Modelos psicofísicos

Han sido muchos los intentos por explicar el funcionamiento de los sentidos a través de la psicofísica, y desde mediados del siglo XIX se realizan aportes a la teoría de la percepción (O'Mahony *et al.*, 1994). Dentro de los modelos más reconocidos en la literatura científica de la ciencia sensorial se encuentran la ley de Fechner, en 1860, el modelo de Beidler (1954), así como la ley de Stevens (1957).

Sin embargo, desde 1927 se postula un modelo probabilístico, no matemático, en el que se plantea que: «*la variabilidad de la percepción genera cambios en la medición y además tiene en cuenta la regla de la toma de decisión cognitiva*» (Thurstone, 1927 a,b,c). Este modelo, conocido como modelo Thurstoniano, se basa en la variabilidad de la percepción sensorial, representada a través de la distribución normal de probabilidades y en la estrategia cognoscitiva empleada para la toma de decisiones y la emisión de una respuesta sensorial.

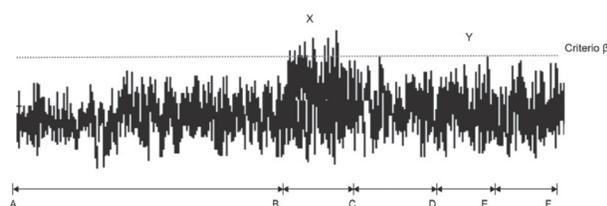
Modelo Thurstoniano

El modelo de Thurstone es una estructura poderosa para entender los mecanismos de la medición sensorial (Angulo y O'Mahony, 2009a). La idea básica del modelo radica en que cada vez que un alimento es degustado por un juez, varía la percepción de la intensidad del estímulo. Esta variación puede ser medida en términos de la respuesta neural o de la intensidad de la propia percepción, pero no depende del alimento en sí, sino del criterio de elección del evaluador. Estas estrategias teóricas han resultado enriquecedoras para la comprensión de los métodos de medida sensorial y básicamente

traza dos estrategias cognitivas. La estrategia β (criterio β), involucra un proceso de categorización de la intensidad de los estímulos en lugar de la usual comparación relativa de las distancias entre ellos. El evaluador asigna categorías a las sensaciones según este criterio cognitivo que se crea, por lo general, siguiendo las instrucciones dadas por el conductor de la prueba. Esta estrategia se ha designado en la literatura propia de la psicología como «la regla de la decisión óptima» (Noreen, 1981) o el modelo de la observación independiente (Macmillan y Creelman, 2005). El criterio β define la intensidad a partir de la cual los estímulos se consideran de mayor intensidad, teniendo en cuenta que existe una actividad cerebral basal identificada como ruido. Es decir, el límite entre las regiones de baja y alta intensidad se llama criterio β , siendo un parámetro psicológico que no depende directamente de la sensibilidad particular de cada juez (Rousseau, 2001)

Un mejor entendimiento del criterio β se logra en la Figura 1, donde el ruido neural está representado por el segmento AB. En el instante B, se distingue un estímulo X, el cual se percibe como señal, pues supera la barrera de detección que establece el criterio β hasta el instante C, en que cesa el estímulo. El ruido neural se mantiene incluso después del instante D en el que a pesar de la presencia del estímulo Y, éste no es lo suficientemente intenso para superar el criterio β y permitir al sujeto diferenciar esta señal del ruido neural. Atendiendo a estos argumentos se infiere que toda acción destinada a ajustar el criterio β redundará en una mejor diferenciación de estímulos confundibles.

Figura 1. El criterio β como límite en la percepción del ruido neural y la señal del estímulo.



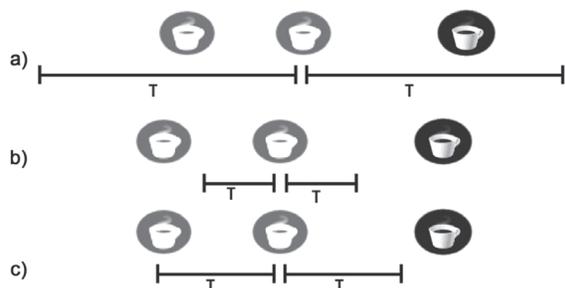
Un segundo tipo de criterio se ha llamado criterio Tau (τ) descrito por Ennis (1993) o criterio K (Macmillan y Creelman, 2005) empleado en protocolos donde al menos se presentan dos muestras y se pide al juez indicar si se trata del mismo producto o de productos diferentes. Esta estrategia cognoscitiva, derivada del modelo Thurstoniano, ha sido llamada la regla de la decisión de la diferencia (Noreen, 1981) y en este caso, en lugar de ser una demarcación que delimita dos áreas en el continuo sensorial, el criterio τ simula una vara o cinta métrica de una medida psicológica de la distancia percibida entre las dos intensidades de las muestras que se van a comparar.

Igualmente, el criterio τ es un parámetro psicológico y no depende de la sensibilidad del sujeto. Si un sujeto se siente seguro, no necesita una diferencia grande para percibir y describir las muestras como diferentes, lo que se traduce en un pequeño criterio τ . En cambio, si el individuo es más reservado o inseguro, requerirá un criterio τ más grande para declarar las muestras como diferentes. Al aplicar esta estrategia cognitiva, el juez se basa en la estrategia de comparación de distancias (Rousseau, 2001).

Un diagrama que ejemplifica una de las funciones del criterio τ se ilustra en la Figura 2, mediante una prueba triangular en la que al juez se le entregan tres muestras de las cuales una es diferente. La tarea del juez es indicar cuál es la muestra diferente. Si el criterio cognitivo del juez es demasiado amplio, se da la situación ilustrada en (a) y el juez percibe los estímulos como similares. Si el criterio cognitivo del juez es muy estrecho se da la situación ilustrada en (b) y el juez percibe los tres estímulos como diferentes.

Al informarle al juez que una de las muestras es diferente, él debe ajustar su criterio τ a la longitud óptima que le permita percibir una muestra como más alejada que la otra, así, el juez podrá identificar la muestra diferente, tal como ocurre en (c) de la Figura 2.

Figura 2. El criterio T como una medida psicológica de la distancia percibida entre las dos intensidades.



Si en el lugar de esta prueba se emplea una de decisión forzada de un atributo en particular, con las tres opciones de respuestas, como es la prueba 3-AFC, (por sus siglas en inglés, (Forced Choice 3-Alternative) el juez emplea la estrategia cognitiva, llamado desnatado, siendo mucho más fácil para el juez encontrar la muestra diferente y, por tanto, se incrementan considerablemente las respuestas correctas, haciendo de esta prueba una opción más eficiente (O'Mahony *et al.*, 1994).

A partir de los postulados de Thurstone se han realizado varios aportes de gran interés para la ciencia sensorial explicando desde el punto de vista teórico las inconsistencias y paradojas de los métodos tradicionales, como la variabilidad de los resultados al comparar alimentos en las pruebas de discriminación, así como los sesgos en las pruebas de preferencia pareadas y en el empleo de escalas hedónicas. Otro importante aporte a partir del Thurstoniano es la distribución beta binomial, que toma en consideración la variabilidad de la percepción en las pruebas sensoriales (Ura, 1960; Elliott, 1964; Hacker y Ratcliff, 1979; Frijters *et al.*, 1980; Ennis y Mullen, 1985; Ennis y Mullen, 1986a; Ennis y Mullen, 1986b; Ennis y Mullen, 1992; Ennis, 1992; Ennis, 1993; Ennis *et al.*, 1998; Bi y Ennis, 2001; Rousseau y Ennis, 2002).

Tradicionalmente, los datos derivados de las pruebas de preferencia se analizan estadísticamente utilizando la distribución binomial. Sin embargo, el resultado de este análisis sólo informa sobre la significancia estadística entre

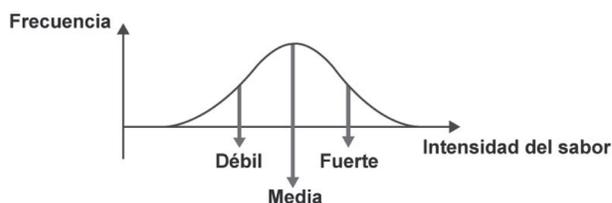
dos frecuencias y no determina la magnitud de la diferencia (Angulo y O'Mahony, 2005).

La similitud de las pruebas pareadas, tanto afectivas como discriminatorias, se manifiesta en que el juez consumidor o el catador, respectivamente, deben emitir un juicio forzado, y el manejo estadístico de los datos, en ambos casos, se realiza mediante el estadístico binomial. Este aspecto ha sido modificado bajo el modelo Thurstoniano, ya que en el enfoque binomial no toma en cuenta la variabilidad de los evaluadores.

La variación de la intensidad del estímulo puede representarse por una distribución de frecuencias continuas a lo largo de un eje de intensidad (Figura 3), donde la altura de la distribución representa la frecuencia para cada intensidad. La altura máxima se corresponde con la intensidad media que más comúnmente ocurre, pero la frecuencia desciende en las intensidades débil y fuerte.

La intensidad momentánea al degustar corresponderá a algún valor a lo largo del eje, y cuan común sea este valor estará representado por la distribución (O'Mahony, 1992).

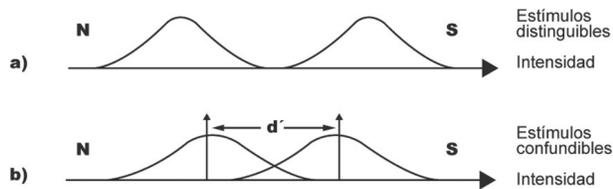
Figura 3. Distribución de frecuencias a lo largo del eje de intensidad que representa la variación en la percepción del estímulo en degustaciones repetidas (O'Mahony *et al.*, 1994).



La Figura 4a representa las distribuciones de intensidades del estímulo de dos muestras de alimentos: «N» y «S» que no se superponen, y por ello son perfectamente distinguibles.

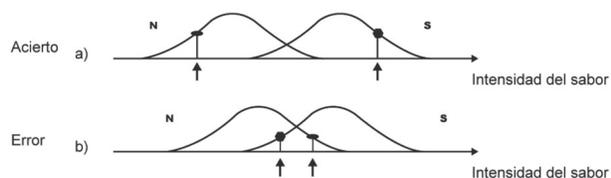
Obviamente, mientras más se superponen las distribuciones, más confundibles serán los estímulos; una medida de la superposición es d' (Figura 4b) que es la distancia entre las dos medias, medida en unidades de desviación estándar.

Figura 4 a y b. Distribución de frecuencias de la intensidad del sabor de dos estímulos mediante el modelo Thurstoniano (O'Mahony *et al.*, 1994).



La Figura 5 muestra las situaciones en que un juez puede emitir respuestas correctas o erradas. Si el alimento «S» es de mayor intensidad que el alimento «N», y en el instante de la cata se presenta la situación 5(a) el juez percibe el alimento «S» como más intenso y emitirá una respuesta correcta. Si en el momento de la degustación se da la situación 5(b), el juez cometerá un error en su respuesta. Como se observa, la probabilidad de que suceda un escenario tal como se muestra en la Figura 5a es mucho mayor que la frecuencia de ocurrencia de la situación en 5b.

Figura 5 a y b. Distribución de frecuencias de la intensidad percibida de dos estímulos confundibles mediante el modelo Thurstoniano (O'Mahony *et al.*, 1994).



Por otra parte, el análisis thurstoniano ha facilitado la comparación de los métodos sensoriales a través del cálculo del parámetro d' como índice del grado de diferencia entre los productos, lo cual no es posible realizar sin tener en cuenta este estadígrafo (O'Mahony, 1992; Ennis y Ashby, 1993; Bi y Ennis, 1997; Ennis *et al.*, 1998; Bi y Ennis, 2001; Rousseau y Ennis, 2002; Angulo y O'Mahony, 2005).

Teoría de Detección de Señales

Por su parte, la Teoría de Detección de Señales (Green y Swets, 1966) postulada para evaluar estímulos auditivos y visuales, comparte muchos de sus enunciados con el modelo Thurstoniano. En la teoría de detección de señales se parte del supuesto de que la sensibilidad de un sistema depende de las características físicas del estímulo y de los aciertos que los observadores puedan alcanzar, por lo que permite distinguir dos conceptos: la detección objetiva del estímulo y el criterio de decisión que adopta el observador en un momento dado.

El acercamiento esencial entre el modelo Thurstoniano y la Teoría de Detección de Señales es reconocer la naturaleza probabilística de los datos sensoriales. Para una prueba de diferencia, el acercamiento considera dos distribuciones de la intensidad percibida, cada una asociada a cada estímulo que va a ser discriminado (Kim *et al.*, 2006).

La Teoría de Detección de Señales y el ajuste thurstoniano ofrecen una comparación métrica de la sensibilidad de diferentes pruebas de discriminación, tomando en cuenta la dificultad inherente a los procedimientos y al hacer algunas suposiciones razonables sobre las estrategias empleadas por los jueces en las pruebas sensoriales (Frijters, 1979; Ennis, 1993; O'Mahony *et al.*; 1994).

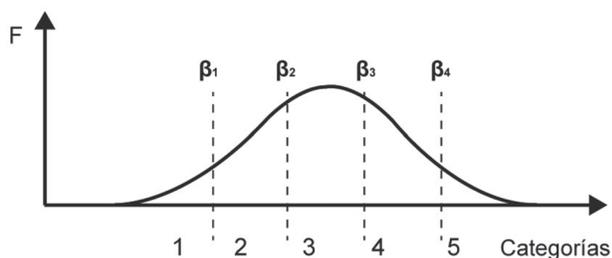
El modelo Thurstoniano y la Teoría de Detección de Señales se han aplicado a pruebas de diferencia y han suministrado una medida fundamental del grado de diferencia entre dos estímulos (d'). Estos modelos fueron aplicados primero a la prueba 2-AFC, la triangular y dúo-trío; estos ensayos han sido utilizados para confeccionar las tablas que permiten la determinación de los d' correspondientes a las proporciones de respuestas correctas para los procedimientos discriminativos de respuesta forzada.

Párametro d' (d prima)

El parámetro d' es una medida del grado de diferencia sensorial entre dos productos. Este parámetro permite la comparación de pruebas de diferencia con probabilidades de respuesta aleatoria diferentes, algo que no se podría hacer al aplicar el modelo binomial tradicional. Por lo tanto, d' es una medición básica, fundamental, pues es independiente de la metodología aplicada. No es fácil entender el concepto de d' sin antes usarlo. A fin de tener una idea de lo que representa, es útil saber que cuando d' es igual a uno, representa la diferencia entre dos estímulos que apenas se perciben como diferentes (Angulo y O'Mahony, 2009a). El valor de d' se puede obtener de varias maneras: empleando las tablas reportadas por Bi y Ennis en 1997, elaboradas entre otros parámetros, a partir de la proporción de respuestas correctas o de la transformación de los datos a formas más adecuadas cuando de escalas hedónicas se trata. Además se puede estimar la varianza de d' y conocer si el valor obtenido difiere significativamente del valor cero (Bi y Ennis, 1997).

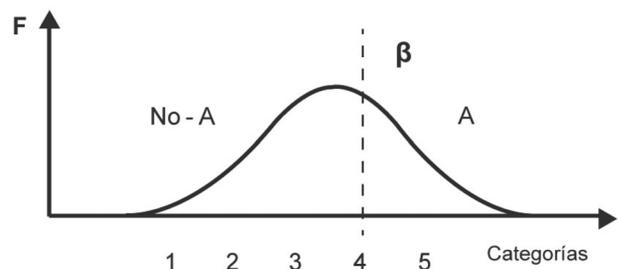
En el caso de una escala de categorías, el cálculo de d' se explica a través de la teoría de detección de señales, de manera que en una escala de n puntos (Figura 6), el juez considera $n-1$ bandas del criterio cognitivo β , y para asignar la categoría tres de la escala a un alimento, el estímulo que éste provoca debe ser mayor que el criterio β_2 y menor que el criterio β_3 (Kim y O'Mahony, 1998).

Figura 6. Bandas límites del criterio β en una escala de cinco puntos.



Otra forma de interpretar el comportamiento del juez es homologando la escala de categorías a una prueba del tipo A No-A. En este tipo de prueba, el juez, una vez ajustado un único criterio β , lo considera No-A y lo ubica en la parte baja de la escala, o si éste se encuentra después del criterio β , lo ubica en la parte superior de la escala correspondiente al estímulo A (Fig.7).

Figura 7. Bandas del criterio β en una escala de cinco puntos.



Para obtener el valor d' a partir de los resultados de una escala de categoría, se puede aplicar el procedimiento descrito por la ASTM E 2262 (2003) donde se considera el procedimiento similar al de la prueba de diferenciación A No-A, que a su vez se basa en la teoría de detección de señales. En este caso, el ruido neural se simula con la muestra No-A que corresponde a aquella muestra que presente mayor frecuencia en las categorías bajas de la escala, mientras la muestra que presente mayor frecuencia en las categorías altas de la escala será la señal. Esto indica que la $P_{(A)}$ será mayor que la $P_{(No A)}$.

De esta manera, las diferencias entre ruido y señal serán distinguibles cuando ocurra el adecuado ajuste de los criterios cognitivos correspondientes y las muestras puedan ser consideradas de diferente nivel de agrado.

Así mismo, el parámetro d' puede utilizarse en las pruebas de preferencia para estimar la tendencia de la preferencia. (Angulo y O'Mahony, 2009b). Los resultados reportados hasta la fecha sugieren que el cálculo de d' , en este tipo de prueba, podría ser utilizado para comparar métodos hedónicos que utilicen o no la opción de «No Preferencia» (NP).

La aplicación del modelo Thurstoniano en pruebas de preferencia es más compleja debido al sesgo experimental que puede ocurrir. Para ello es necesario comparar los valores de d' obtenidos bajo el formato con la opción «NP» y sin esta opción. Una forma de obtener esta información es utilizando dos grupos de consumidores, pero puede atribuirse la diferencia en las preferencias a cada grupo de consumidores, lo cual dificultará la comparación. El diseño alternativo es el de muestras dependientes, es decir, utilizar el mismo grupo de consumidores bajo las dos opciones (Alfaro *et al.*, 2005).

En condiciones en las que los jueces prueban los mismos alimentos, se espera que el uso de diferentes pruebas sensoriales dieran como resultado los mismos valores de d' , pero las pruebas varían sustancialmente en términos de variaciones sensoriales. Estas variaciones son inducidas por las diferencias en la secuencia entre probar las muestras y el agotamiento de los jueces, y por lo tanto, no darán como resultado los mismos valores de d' (Alfaro *et al.*, 2005). Esta problemática fue explicada por el modelo de «Análisis Secuencial de la Sensibilidad» (ASS) descrito por O'Mahony y Odber, (1985), y por el modelo Condicional de Estímulos (Ennis, 1992). Estos modelos han sido estudiados por varios investigadores (O'Mahony y Goldstein, 1986; Vié y O'Mahony, 1989; Masuoka *et al.*, 1995; Rousseau y O'Mahony, 1997).

El modelo ASS describe la relación de los efectos de secuencia de degustación en las pruebas de diferencia considerando cuán adecuadamente los dos estímulos son detectados e identificados correctamente, al ser diferenciados en una prueba de discriminación. La detección de un estímulo es considerada como dependiente de las propiedades del estímulo precedente.

Estos modelos explican el efecto de la secuencia y su relación con el desempeño discriminatorio de los evaluadores. Al presentar un estímulo fuerte y dos estímulos débiles, el

desempeño sería superior que para tríadas, con dos estímulos fuertes y un estímulo débil, lo que confirma el desempeño de los evaluadores en la prueba 3-AFC como superior con relación a la prueba triangular.

Como metodología revolucionaria, el modelo Thurstoniano genera controversias, se plantea (O'Mahony *et al.*, 1994) que la principal deficiencia del modelo Thurstoniano consiste en que se habla de la variabilidad de la intensidad de la percepción, sin intentar explicar por qué. Además, está el planteamiento de que las distribuciones probabilísticas de dos estímulos son independientes, lo que implicaría suponer que no existen interacciones entre ellos.

Uno de los modelos que perfeccionan al patrón Thurstoniano lo constituye el Análisis Secuencial de la Sensibilidad, que ha demostrado la dependencia de un estímulo del que le ha precedido.

Conclusiones

Las teorías que encierra el modelo Thurstoniano, así como el refinamiento y la evolución del mismo, han sido ampliamente investigadas en los últimos años, generando una revisión teórica de los fundamentos de la metodología sensorial, así como de los métodos estadísticos tradicionales empleados para el análisis de los datos.

El progreso en las investigaciones psicofísicas y su indiscutible relación con la evaluación sensorial ha tenido importantes avances, pero aún queda mucho por investigar en este campo, para lo cual se requiere de grupos multidisciplinarios que aborden los aspectos fisiológicos, psicofísicos, estadísticos y propiamente sensoriales. De ello dependerá el desarrollo de la disciplina de evaluación sensorial, lo cual permitirá corregir errores y perfeccionar los métodos para finalmente tener una visión más cercana a los fenómenos que rigen la percepción humana.

Literatura citada

- ALFARO, H., M. O'Mahony and O. Angulo. 2005. Paired preferences test: d_2 values from Mexican consumer with various response options. *Journal of Sensory Studies* 20: 275-81.
- ANGULO, O. and M. O'Mahony. 2005. The paired preference test and the no preference option: Was Odesky correct? *Food Quality and Preference* 16: 425-34.
- ANGULO, O. y M O'Mahony. 2009a. Las pruebas de preferencia en alimentos son mas complejas de lo imaginado. *Interciencia* 34:177-181.
- ANGULO, O. y M O'Mahony. 2009b. Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, Vol. 59 N° 4.
- ASTM: E 2262-03. 2003 Standard Practices for Estimating Thurstonian Discriminal Distances. American society for testing and materials.
- BEIDLER, L.1954. A theory of taste stimulation. *Journal genetic Physiology* 38: 133.
- BI, J. and D.M. Ennis. 2001. Statistical models for the «A» – «Not A» method. *Journal Sensory Studies*16: 215-237.
- BI, J. and D. Ennis. 1997. How to estimate and use the variance of d_2 from difference tests. *Journal Sensory Studies* 12:87-104.
- ELLIOT, P. 1964. Tables de d_2 in J.A. Swets: Signal detection and recognition by human observers. John Wiley Ed. New York, 683 p.
- ENNIS, D. and F. Ashby. 1993. The relative sensitivities of same-different and identification models to perceptual dependence. *Psychometrika* 58:257-279.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1985. The effect of dimensionality on results from the triangular method. *Chemical Senses* 10:605-608.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1986a. A multivariate model for discrimination methods. *Journal Mathematical Psychology* 30:206-219.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1986b. Theoretical aspects of sensory discrimination. *Chemical Senses* 11:513-522.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1992. Probabilistic psychophysics with noisy stimuli. *Mathematical Science* 23:221-234.
- ENNIS, D. 1992. Modeling similarity and identification when there are momentary fluctuations psychological magnitudes. In *Multidimensional Models of Perception and Cognition*, F.G. Ashby, ed. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J.279–298 p.
- ENNIS, D. 1993. The power of sensory discrimination methods. *Journal Sensory Studies* 8:353-370.
- ENNIS, J., D. Ennis, D. Yip and M. O'Mahony. 1998. Thurstonian models for variants of the method of tetrads. *Brit Journal Mathematical Statistical Psychology* 51:205-215.
- FECHNER, G. 1860. *Element der Psychophysik*, Leipzig: Breitkopf und Hartel.
- FRIJTERS, J. 1979. The paradox of discriminatory nondiscriminators resolved. *Chemical Senses and Flavor* 4: 355-58.
- FRIJTERS, J. A., Kooistra and P. Vereuken. 1980. Tables of d_2 for the triangular method and the 3-AFC signal detection procedure. *Perception Psychology* 27:176-178.
- GREEN, D. and J. Swets.1966. *Signal Detection Theory and Psychophysics*, New York, Ed. John Wiley and sons.
- HACKER, M. and R. Ratcliff. 1979. Revised table of d_2 for M-alternative forced choice. *Perception Psychophysical* 26:168-170.
- KIM, H., O. Kim, S. Jeon, J. Kim and M. O'Mahony. 2006. Thurstonian models and variance II: Experimental confirmation of the effects of variance on thurstonian models of scaling. *Journal Sensory Studies* 21:465-484.
- KIM, K. and M O'Mahony. 1998. A new approach to category scales of intensity I. Traditional versus rank-rating. *Journal Sensory Studies* 13: 241-249.
- MACMILLAN, N. and C. Creelman. 2005. *Detection Theory: A User's Guide*, 2nd Ed. New York: Cambridge University.
- MASUOKA, S., D., Hatjopoulos and M. O'Mahony. 1995. Beer bitterness detection: testing Thurstonian and Sequential Sensitivity Analysis models for triad and tetrad methods. *Journal Sensory Studies* 10:295-306.
- MEILGAARD, M., G. Civille, and B. Carr. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*. 4thEd. Florida: CRC Boca Press, 2007. 48 p.
- NOREEN, D.1981. Optimal decision rules for some common psychophysical paradigms. In *Mathematical psychology and psychophysiology* 13: 237-279. Proceedings of the symposium in applied mathematics of the American Mathematical Society and the Society for Industrial Applied Mathematics (S. Grossberg Ed)
- O'MAHONY, M., S. Masuoka and R. Ishii. 1994. A theoretical note on difference tests: models, paradoxes and cognitive strategies. *Journal Sensory Studies* 9: 247-272.
- O'MAHONY, M. and N. Odbert. 1985. A comparison of sensory difference testing procedures Sequential Sensitivity Analysis and aspects of taste adaptation. *Journal Food Science* 50:1055-1058.
- O'MAHONY, M. and L. Goldstein. 1986. Effectiveness of sensory difference tests: Sequential sensitivity analysis for liquid food stimuli. *Journal Food Science*:51: 1550-1553.
- O'MAHONY, M. 1992. Understanding discrimination tests: A user-friendly treatment of response bias, rating and ranking R -Index tests and their relationship to signal detection. *Journal Sensory Studies* 7:1-47.
- ROUSSEAU, B. 2001. The b-Strategy: an Alternative and powerful cognitive strategy when performing sensory discrimination tests. *Journal Sensory Studies* 16: 301-318.
- ROUSSEAU, B. and M. O'Mahony. 1997. Sensory difference tests: Thurstonian and SSA predictions for vanilla flavored yogurts. *Journal Sensory Studies*12:127-146.
- ROUSSEAU, B. and D. Ennis. 2002. The multiple dual-pair method. *Perception Psychophysics* 64:1008-1014.
- STEVENS, S. 1957. On the psychophysics law. *Psychological Review* 64: 153-181
- THURSTONE, L. 1927a. A law of comparative judgment. *Psychological Review* 34: 278-286.
- THURSTONE, L. 1927b. Psychophysical analysis. *American Journal Psychology* 38:368-389.
- THURSTONE, L. 1927c. Three psychophysical laws. *Psychological Review* 34: 424-432.
- URA, S. 1960. Pair, triangle and duo-trio test. Reports of Statistical Application Research. *Japanese Union of Scientists and Engineers* 7: 107-119.
- VIÉ, A. and M. O'Mahony. 1989. Triangular difference testing: Refinement of sequential analysis for predictions for individual triads. *Journal Sensory Studies* 4:87-103. 

Este artículo es citado así:

Álvarez-Coureaux, Y., y A. Manresa-González. 2012: *Contribución de tres modelos en pruebas sensoriales de diferencia en alimentos*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(3): 165-173.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

YAMILA ALVAREZ-COUREAUX. Terminó su licenciatura en 1995, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Ciencias Farmacéutica por la Facultad de Farmacia y Alimentos de la Universidad de la Habana. Realizó sus postgrados en Cuba donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Toxicología experimental en el 2002 y el grado de Doctor en Ciencias de los alimentos en 2011, otorgado por la Universidad de la Habana, Cuba. Ha laborado como docente y consultora en varias universidades en Ecuador, como Universidad San Francisco de Quito, Universidad Salesiana; actualmente labora en el Centro de Formación e Integración Profesional de Montreal - Canadá. Ha sido miembro del comité CODEX- Ecuador, 2005-2011. Es consultora de OPS-Ecuador y directora del Instituto Sensorial de los Alimentos. Su área de especialización es el análisis sensorial. Ha dirigido 15 tesis de ingeniería de alimentos. Es autora de varios artículos científicos, de ponencias en congresos, además ha impartido 15 conferencias por invitación y ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México

Design of a silvopastoral system in degraded areas with mesquite in Chihuahua, Mexico

JULIO CÉSAR RÍOS-SAUCEDO^{1,4}, LUIS MANUEL VALENZUELA-NÚÑEZ², MIGUEL RIVERA-GONZÁLEZ²,
RAMÓN TRUCÍOS-CACIANO² Y GABRIEL SOSA-PÉREZ³

Recibido: Marzo 5, 2012

Aceptado: Junio 14, 2012

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la factibilidad de establecer un sistema silvopastoril en áreas degradadas con árboles de mezquite (*Prosopis* spp.) asociados con zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) y chamizo (*Atriplex canescens*). Durante 2010, en el predio Las Ánimas del Municipio de Aldama, Chihuahua, se evaluaron características de la población natural de mezquite, producción de forraje del pasto buffel y sobrevivencia en una plantación de chamizo, establecidos sobre franjas en curvas a nivel. Las densidades de población fueron bajas, con un promedio de 85 árboles por hectárea. Se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$). La producción de pasto aguas arriba y aguas abajo del bordo fue de 0.19 kg m^{-2} y 0.09 kg m^{-2} respectivamente. El chamizo mostró una sobrevivencia de 65.4% en la evaluación realizada 60 días después de la plantación y 63.9% en el conteo efectuado 150 días después de la misma. El establecimiento de sistemas de captación de agua incrementó la productividad del pasto buffel durante el primer año de evaluación del sistema silvopastoril. La factibilidad y productividad de los agostaderos mediante la aplicación de esta tecnología se evaluará durante varios años consecutivos para establecer el rendimiento de forraje en pasto y chamizo; así como los beneficios obtenidos por el mezquite con las obras de conservación de suelo y agua.

Palabras clave: *Prosopis*, sistema silvopastoril, zacate buffel, chamizo.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the feasibility of establishing a silvopastoral system in degraded areas with mesquite trees (*Prosopis* spp.) associated with buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) and chamizo (*Atriplex canescens*). During 2010, on the grounds of the Municipality of Las Animas, Aldama, Chihuahua, were evaluated characteristics of natural population of mesquite, forage production and survival of buffel grass in a plantation chamizo, drawn in contour strips. Population densities were low with an average of 85 trees per hectare. There were highly significant differences ($P < 0.01$). Grass production in upstream and downstream of the board was (0.19 kg m^{-2}) and (0.09 kg m^{-2}) respectively. The chamizo was a survival of 65.4% in the evaluation 60 days after planting and 63.9% in the count made 150 days thereafter. The establishment of water catchment systems increased buffel grass productivity in the first year of evaluation of the silvopastoral system. The feasibility and productivity of rangelands through the application of this technology will be evaluated for several consecutive years to establish the performance of forage yield in grass and chamizo, as well as the profits of the mesquite with works of soil and water conservation.

Keywords: *Prosopis*, silvopastoral system, buffel grass, chamizo.

¹ Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP. Carretera Durango-El Mezquital km 4.5, C. P. 34170. Durango, Dgo. México.

² INIFAP. CENID-RASPA. Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. C. P. 35140. Gómez Palacio, Dgo., México.

³ Sitio Experimental Aldama-Campana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carretera Chihuahua-Ojinaga km 33.5, C. P. 34170. Chihuahua, Chih. México.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: rios.julio@inifap.gob.mx.

Introducción

Los sistemas silvopastoriles intentan un manejo holístico de los recursos naturales, al asociar en un mismo terreno y de forma planeada una vegetación herbácea para la alimentación del ganado, con vegetación arbustiva y arbórea que pueda proveer impactos positivos sobre el ambiente (Musálem, 2001).

Los árboles incluidos en el sistema silvopastoril pueden provenir de plantaciones comerciales, ser remanentes de las poblaciones naturales, o bien, formar parte de la regeneración de plantas adaptadas localmente (Nair, 1993; Sinclair, 1999). Existen diferentes sistemas silvopastoriles, con variaciones en la combinación e interacciones entre el componente vegetal y animal incluidos en los módulos. El mezquite (*Prosopis* spp.) es uno de los principales recursos naturales para los habitantes de las regiones desérticas del norte de México, quienes encontraron en esta planta múltiples beneficios (CONAZA-INE, 1994). En las áreas rurales, los humanos obtienen del mezquite madera, leña y carbón. También se usa en la elaboración de postes para cercos, fabricación de muebles y producción de artesanías. El ganado doméstico, principalmente bovino y caprino, consume frutos (vainas) y hojas, las flores se utilizan en la producción apícola y la goma que exuda se aprovecha en la industria (Solís, 1997).

La importancia ecológica del mezquite radica en su función como planta nodriza y para la anidación y reproducción de diferentes especies de animales silvestres. También, es una de las principales fuentes de materia orgánica para abonar el suelo en las áreas semidesérticas y con ello favorecer el crecimiento de diferentes especies vegetales del pastizal. A pesar de lo anterior, en muchas áreas de México la densidad poblacional del mezquite ha disminuido considerablemente debido a las actividades humanas. En Chihuahua se pierden alrededor de 340 ha anuales de mezquite (Trucíos, *et al.*, 2010), por lo que resulta necesario fomentar su

aprovechamiento sustentable y la obtención de beneficios económicos para los productores, sin el deterioro y desaparición del recurso (Maldonado y de la Garza, 2000). Con base en las propiedades observadas en el mezquite, su utilidad económica e importancia en el ecosistema, es posible recomendarlo para su uso en un sistema silvopastoril. Esta especie, combinada con pasto y arbustos forrajeros mejorará los agostaderos, y con el manejo de una densidad de población adecuada será posible incrementar el rendimiento de biomasa en el pasto, mejorando los rodales y mejor producción de forraje para el ganado bovino y caprino.

Se han propuesto diferentes modelos silvopastoriles que permiten hacer uso sustentable de los diferentes ecosistemas presentes en México. Uno de los modelos puede incluir el mezquite, pastizal y chamizo, la cual es otra de las especies arbustivas que proporcionan alimentación al ganado doméstico. El pasto buffel se encuentra entre las especies de gramíneas introducidas en México que han mostrado adaptación en el pastizal semidesértico y alta producción de forraje en condiciones de estrés de humedad, a pesar de ser una especie invasora que desplaza a plantas nativas. El chamizo es una especie apreciada en las zonas semidesérticas debido a su adaptación y utilidad como forraje para el ganado doméstico (Saucedo, 2003). En regiones con disponibilidad hídrica limitada, es importante realizar obras que permitan la captación de agua de lluvia y reducción de la erosión del suelo. Los bordos en curvas a nivel es uno de los métodos más comunes para la retención de agua y suelo en regiones

semidesérticas. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la productividad de un sistema silvopastoril para zonas áridas parcialmente degradadas, donde interactúan mezquite, chamizo y zacate buffel.

Materiales y métodos

El módulo silvopastoril se encuentra localizado en el predio particular Las Ánimas del municipio de Aldama, Chihuahua, México, situado en las coordenadas 29° 02' 54" Norte y 105° 59' 16" Oeste. El sitio se encuentra a una altitud de 1234 m y la pendiente del terreno varía entre 10 y 15%. El clima predominante en la región es el semidesértico con régimen de lluvias en verano [BS1kw (w) (e)] y la temperatura media anual varía entre 18 y 22 °C. La precipitación pluvial acumulada anual oscila entre 200 y 300 mm, y se tiene un régimen de lluvias en verano, precipitación invernal menor a 5% del registro anual y un verano cálido (García, 1987). La superficie del módulo es de cuatro hectáreas, con suelo prácticamente desnudo y densidades bajas de árboles jóvenes de mezquite (*Prosopis* spp.). Se determinaron las características de los árboles de mezquite, entre las que se incluyó el número de árboles por hectárea, diámetro basal del tallo, altura, número de tallos y diámetro promedio de la copa.

En toda la superficie del módulo se elaboraron obras de captación de agua y conservación de suelo, las cuales consistieron en bordos construidos conforme a las curvas a nivel. Se utilizó maquinaria (bulldozer) con la cuchilla ligeramente inclinada, para dejar un bordo de 40 cm de altura. Sobre las bandas formadas con la cuchilla de la maquinaria, se pasaron tres ganchos de riper (subsoleo) para remover el suelo y facilitar el establecimiento de la plantación de chamizo (*Atriplex canescens*). Se seleccionó el chamizo debido a que es un arbusto típico de los matorrales del norte de México, el cual ofrece forraje rico en proteínas durante la época de sequía y es altamente preferido por el ganado bovino y caprino (Saucedo, 2003).

El subsoleo se realizó aguas arriba y aguas abajo del bordo, por lo que se formó una franja de siete metros de ancho, con un bordo en el centro y roturaciones del suelo en ambos lados. Las obras de conservación se realizaron el 20 de julio de 2010; al mismo tiempo, se sembró zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*). El pasto buffel fue introducido a México desde los Estados Unidos de América y es originario de África del Norte, Madagascar, Islas Canarias, Arabia y Pakistán. Este pasto muestra amacollamiento, macollos que nacen del nudo basal y de los nudos inferiores, tolera la sequía, es de amplia adaptabilidad, ya que es posible producirlo desde el nivel del mar hasta una altitud de 2000 m; además, puede crecer en regiones de baja precipitación anual, con una mínima de 270 mm (Bodgan, 1977). La siembra del pasto buffel fue realizada al voleo sobre toda la franja, con una densidad de siembra de 8 kg de semilla por ha. El costo de las obras de captación de agua y el establecimiento del zacate buffel fue de 1,300 pesos mexicanos por ha; dicho monto incluyó la adquisición de semilla, siembra y renta de la maquinaria.

El rendimiento de forraje del pasto buffel, expresado en base a materia seca, se evaluó al final de la época de lluvias en la última semana de octubre de 2010. Durante el muestreo, se realizaron cortes del pasto al ras del suelo, tomando como referencia cuadrantes de 1 m² que fueron ubicados de manera aleatoria en cada franja. Se tomaron ocho repeticiones en cada franja, divididas en cuatro muestras aguas arriba y otras cuatro aguas abajo del bordo de captación de agua. Se evaluaron un total de siete franjas, que consistieron en 56 observaciones, equivalentes a 28 muestras aguas arriba y otras tantas aguas abajo. Después del corte, en cada muestra se determinó la densidad de tallos, los cuales se colocaron en una estufa de aire forzado a temperatura constante de 60 °C, hasta obtener peso constante de la biomasa (materia seca).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos (aguas arriba

y aguas abajo) y 28 repeticiones, lo que dio un total de 56 unidades experimentales. Las variables de respuesta fueron rendimiento de forraje y densidad de tallos m^{-2} . Para la comparación múltiple de medias se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS), seleccionándose como nivel de significancia el 5% ($\alpha=0.05$). Como referencia, también se tomaron muestras en el terreno sin remoción del suelo, así como de la siembra de pasto y plantación de chamizo; el objetivo de este muestreo fue comparar la producción de forraje con la del pasto nativo presente en las áreas sin intervención.

La plantación de chamizo se realizó el 20 de agosto de 2010, después de las primeras lluvias del temporal; esto permitió contar con suficiente humedad en el suelo para facilitar el establecimiento de esta especie. Las plantas de chamizo, las cuales tenían un altura promedio de 20 cm, fueron producidas bajo condiciones de vivero, el cual se cubrió con malla sombra 35%. Las plantas fueron colocadas en contenedores bolsas negras de polietileno con 5 kg de capacidad. Como sustrato, fue utilizada una mezcla de tierra de monte y arena de río en una proporción 50:50, tomando como base el peso. La plantación se realizó sobre las líneas de subsoleo, mediante la apertura de cepas de 1 m^2 a una profundidad de 35-45 cm y una distancia entre líneas y plantas de 0.90 m y 3 m respectivamente. Se evaluó la sobrevivencia 60 y 150 días después de la plantación. Para ello se tomaron seis hileras al azar, en las cuales se contabilizó el número de plantas vivas y se estimó el porcentaje de sobrevivencia promedio para todo el lote.

Resultados y discusión

La densidad de población media de mezquite fue de 85 arbustos ha^{-1} (Cuadro 1), valor que puede considerarse bajo si se compara con los 500-600 árboles ha^{-1} reportados para el estado de Chihuahua por otros investigadores (Valenzuela *et al.*, 2010).

La evaluación de las características dasométricas de la población de mezquite mostró valores promedio de 5.2 cm del diámetro basal, 2.2 m de altura y 2.7 m para el diámetro medio de la copa. Dichos resultados, registrados en el muestreo de la población de mezquite, corresponden a un área en recuperación donde predominan árboles jóvenes de mezquite de porte bajo, de baja densidad de población y plantas que en promedio producen 2-3 tallos. En evaluaciones posteriores se establecerá la capacidad de recuperación de la población de mezquite y se determinará la influencia del sistema de manejo sobre el crecimiento y productividad de la especie.

Cuadro 1. Características de la población de mezquite en una parcela silvopastoril.

Predio	Superficie del módulo (ha)	Densidad (Plantas ha^{-1})	Diámetro basal medio (cm)	Altura (m)	Diámetro medio de copa (m)
Las Ánimas	4	85	5.2	2.2	2.7

Como se puede apreciar en los Cuadros 2 y 3, se observaron diferencias significativas ($P<0.01$) para la producción de forraje de pasto buffel entre los tratamientos aguas arriba, cuya media fue de 1,900 $kg\ ha^{-1}$ (0.19 $kg\ m^{-2}$), y aguas abajo del bordo de captación de agua de lluvia, con una producción promedio de 900 $kg\ ha^{-1}$ (0.09 $kg\ m^{-2}$). Los resultados obtenidos para la producción de forraje son bajos en comparación con los reportados en otros trabajos de investigación (Morales *et al.*, 2006), donde se registraron rendimientos de 1-6 $t\ ha^{-1}$ para regiones similares, mientras que para condiciones de riego se han reportado valores de 6-9 $t\ ha^{-1}$ de forraje (García *et al.*, 2007) con diferentes genotipos de pasto buffel. El bajo rendimiento obtenido en este trabajo se atribuyó al establecimiento reciente de las poblaciones de pasto, así como también a la baja precipitación (287 mm) registrada durante la estación de crecimiento (julio-octubre), que influyó de forma negativa en el tratamiento aguas abajo del bordo de captación. Además, se

observó un incremento en la variación dentro de cada tratamiento, lo cual se reflejó en la magnitud del coeficiente de variación.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de la varianza para variables evaluadas en pasto buffel.

Fuente de Variación	GL	Producción de forraje (kg.m ⁻²)	Densidad (tallos.m ⁻²)
Tratamientos	1	0.16**	111.4 n.s.
Repetición	27	0.01	36.2
Error	27	0.01	57.8
Promedio	--	0.14	22.1
DMS _{0.05}	--	0.05	--
CV (%)	--	62.4	34.4

*DMS = Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; GL = Grados de libertad (número de sujetos en la muestra); **altamente significativo y n.s.= no significativo.

Cuadro 3. Producción de forraje y densidad de tallos evaluada en pasto buffel aguas arriba y abajo del bordo.

Tratamiento	Producción de forraje (kg.m ⁻²)	Densidad (tallos.m ⁻²)
Aguas arriba del bordo	0.19 ^a	21 ^a
Aguas abajo del bordo	0.09 ^b	24 ^a
Promedio	0.14	23
*DMS _{0.05}	0.05	--
CV (%)	62.4	34.4

*DMS = Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación, ^{a-d} literales diferentes en la misma columna muestran diferencias estadísticamente significativas.

Se observó similitud estadística entre tratamientos para el número de tallos m⁻², con 21 tallos en el sitio aguas abajo y 24 en el área aguas arriba del bordo de retención de humedad. El número de tallos fue bajo, en comparación con los reportados en otros trabajos de investigación, donde se reportan valores desde 686 hasta 2,343 tallos m⁻² (Beltrán *et al.*, 2002). Se espera que en muestreos subsecuentes se incremente la producción de biomasa y la densidad de tallos a medida que se propague la población de pasto

buffel. Los resultados muestran la influencia de las obras de captación de agua de lluvia en el incremento de la productividad de las gramíneas utilizadas como forraje en el pastizal semidesértico. Se observó que en las áreas aguas arriba del bordo es posible incrementar 53% el rendimiento de forraje en comparación con el tratamiento aguas abajo. Además, las muestras tomadas en las áreas sin intervención mostraron una producción promedio de forraje de 0.04 kg m⁻², lo cual representa una reducción del 53% con respecto al rendimiento obtenido aguas abajo del bordo, y 79% con respecto a la productividad registrada aguas arriba del bordo de captación de agua. Las obras de retención de agua y suelo influyeron favorablemente en el rendimiento de pasto buffel, aunque es necesario evaluar la respuesta en ciclos de crecimiento posteriores. De confirmarse lo anterior, el incremento de producción de los pastizales del estado de Chihuahua beneficiará la producción bovina y caprina, además se contribuirá en la conservación de los recursos naturales.

La sobrevivencia del chamizo fue de 65.4% en la evaluación realizada 60 días después de la plantación, y 63.9% en el conteo efectuado 150 días después de la misma. El porcentaje es aceptable si se consideran otros trabajos de investigación realizados con chamizo, en los cuales se observaron valores de sobrevivencia desde 85% en las islas de fertilidad con *Larrea*, y hasta 33% en las islas de fertilidad sin cubierta vegetal (Pérez *et al.*, 1992). Durante el año de 2011 se continuarán las evaluaciones para establecer la sobrevivencia del chamizo y, si es necesario, se replantarán los sitios que hayan quedado descubiertos para alcanzar una densidad de población aceptable (3,700 plantas ha⁻¹). Además, se continuará con la evaluación del crecimiento, sobrevivencia y productividad de las diferentes especies establecidas en el sistema silvopastoril para determinar la factibilidad de su implementación en las amplias áreas de pastizal del estado de Chihuahua. De forma paralela se evaluará el impacto ecológico y productivo del sistema de captación de agua de lluvia y conservación del suelo.

Conclusiones

En el estado de Chihuahua, México, existen posibilidades para la implementación de sistemas silvopastoriles que incluyan mezquite, pasto buffel y chamizo. Es necesario evaluar durante varios años el sistema silvopastoril para corroborar su influencia en el crecimiento y productividad de las especies vegetales incluidas en el módulo. El establecimiento de sistemas de captación de agua incrementó la productividad del pasto buffel durante el primer año de evaluación del sistema silvopastoril.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico otorgado por el Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT.

Literatura Citada

- BELTRÁN, L., S.; J. Pérez P.; A. Hernández G.; E. García M.; J. G. Herrera H. 2002. Respuesta fisiológica del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a diferentes alturas de defoliación. *Agrociencia* 36: 547-556.
- BODGAN, A. V. 1977. Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes). Pub. Longman Inc. New York, USA. p.264.
- CONAZA-INE (Comisión Nacional de Zonas Áridas-Instituto Nacional de Ecología). 1994. Mezquite *Prosopis* spp. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México, D. F. 31 p.
- GARCÍA, M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- GARCÍA, D., G. J.; R. G. Ramírez L.; R. Morales R.; G. García D. 2007. Ruminal digestion and chemical composition of new genotypes of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) under irrigation and fertilization. *Interciencia* 32: 349-353.

- MALDONADO, A., L. J.; F. E. de la Garza P. 2000. El Mezquite en México: Rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. In: J. Frías H.; V. Olalde P.; J. Vernon C. (eds.). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. p. 37-50.
- MORALES, R., R.; R. G. Ramírez; G. J. García D.; H. González R. 2006. Nutrient content and *in situ* disappearance in genotypes of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). *Journal of Applied Animal Research* 29: 17-22.
- MUSÁLEM, S. M. A. 2001. Sistemas Agrosilvopastoriles: Una alternativa de desarrollo rural para el trópico mexicano Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. p. 95.
- NAIR, P.K.R. 1993. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 543p.
- PÉREZ, R., L.; R. Nava C.; J. R. Reynaga V.; R. Jiménez S. 1992. Sobrevivencia de plántulas de *Atriplex canescens* (Pursh.) Nutt: Efecto de la "isla de fertilidad". *Agraria* 8: 189-200.
- PESO, D.; M. Ibrahim. 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal Núm. 2. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 258 p.
- SAUCEDO, T., R.A. 2003. Guía técnica para el establecimiento y utilización de plantaciones de chamizo. Folleto Núm. 10. INIFAP-Campo Experimental. 17 p.
- SINCLAIR, F. 1999. A general classification of agroforestry practice. *Agroforestry Systems* 46:161-180.
- SOLIS, G. G. 1997. Evaluación poblacional actual del mezquite y palo fierro en ambientes áridos sujetos a un aprovechamiento continuo. CONACYT. 3888-N9401. Informe Final de Proyecto. Hermosillo, Sonora. 86 p.
- TRUCÍOS, C., R.; J. C. Ríos S.; L. M. Valenzuela N.; G. Sosa P.; R. Rosales S.; J. Estrada A. 2010. Superficie actual vegetada por mezquite en cuatro entidades del Norte-Centro de México. Memoria de la XXII Semana Internacional de la Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, Méx. p. 503-507.
- VALENZUELA, N., L. M.; J. C. Ríos S.; R. Trucíos C.; G. Sosa P.; R. Rosales S. 2010. Caracterización dasométrica de rodales de mezquite en ocho municipios del Norte-Centro de México. Memoria de la XXII Semana Internacional de la Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México. p. 138-142. 

Este artículo es citado así:

Ríos-Saucedo, J. C., L. M. Valenzuela-Núñez, M. Rivera-González, R. Trucíos-Caciano y G. Sosa-Pérez. 2012: *Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(3):174-180.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

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

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

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

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

Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México

Hydrological and environmental role of native and introduced grasslands in the upper basin of the Chuvíscar river, Chihuahua, Mexico

OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES-OLIVAS¹, VÍCTOR MANUEL REYES-GÓMEZ², ALFREDO RANGEL-RODRÍGUEZ¹, CARLOS ORTEGA-OCHOA¹, RICARDO A. SOTO-CRUZ¹, JAVIER CAMARILLO-ACOSTA¹ Y TOUTCHA LEBGUE-KELENG¹

Recibido: Noviembre 22, 2011

Aceptado: Abril 18, 2012

Resumen

En la cuenca alta del río Chuvíscar predominan condiciones climáticas extremas, escasez de agua, erosión y presencia de pastizales nativos e introducidos, lo que hace imperativo conocer su función en la conservación de suelo e infiltración de agua. El objetivo fue comparar dos grupos de gramíneas: nativas (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Griffiths, *Digitaria californica* (Benth) Henrad, *Heteropogon contortus* (L.) Roem. Et Schult) e introducidas (*Eragrostis lehmanniana* Nees, *Eragrostis superba* Peyr, *Melinis repens* (Willd) C.E. Hubb) para determinar la hidrodinámica de especies sobre el suelo. Se utilizó un simulador de lluvia (Deltalab - EID340) en 20 parcelas (1 m² c/u) sobre cuatro sitios con aplicación de lluvia a intensidad de 40 mm h⁻¹. Se realizó un diseño de parcelas divididas en bloques aleatorizados; un análisis de varianza para probar efectos entre tratamientos y uno de componentes principales (ACP) para variables hidrodinámicas y biofísicas para distinguir afinidades y discrepancias eco-hidrológicas entre pastizales. La *D. californica*, mezclada con otras especies nativas e introducidas, mostró valores altos de conductividad hidráulica (promedios de $K_s = 40 \pm 6$ mm h⁻¹); *B. gracilis* ($K_s = 32 \pm 8$ mm h⁻¹) y bajos con *E. superba* ($K_s = 24 \pm 16$ mm h⁻¹). Se comprobó la importante función hidrológica de las gramíneas sin importar el origen biogeográfico. Se pueden establecer planes de conservación en zonas degradadas con especies introducidas para apoyar la infiltración y protección del suelo, y aprovechar las habilidades fisiológicas de ambas (nativas e introducidas) como alternativas de conservación y resiembra durante el pastoreo de animales.

Palabras clave: erosión, plantas nativas, hidrología.

Abstract

In the upper basin of the Chuvíscar river, extreme weather conditions prevail, as well as water shortages, soil erosion and the presence of native and introduced grasslands, making it imperative to know the function of these in the conservation and infiltration of soil and water, respectively. The objective was to compare two groups of native grasses: *Bouteloua gracilis* (HBK) Griffiths, *Digitaria californica* (Benth) Henrad, *Heteropogon contortus* (L.) Roem. Et Schult and introduced grasses: *Eragrostis lehmanniana* Nees, *Eragrostis superba* Peyr, and *Melinis repens* (Willd) CE Hubb to determine the hydrodynamics of species on the ground. A rainfall simulator was used (Deltalab - EID340) in 20 plots (1 m² each) on four sites with application of rain intensity of 40 mm h⁻¹. A split plot design in randomized blocks was applied, an analysis of variance to test effects between treatments and a principal component (PCA) to hydrodynamic and biophysical variables to distinguish eco-hydrological similarities and differences among native rangelands. The *D. californica*, mixed with other native and introduced species, showed high values of hydraulic conductivity ($K_s = 40$ average ± 6 mm h⁻¹), *B. gracilis* ($K_s = 32 \pm 8$ mm h⁻¹) and low in *E. superba* ($K_s = 24 \pm 16$ mm h⁻¹). It was confirmed the important hydrological role of grasses regardless of the biogeographical origin. Conservation programs can be implemented in degraded areas with introduced species to enhance infiltration, soil protection and use of both physiological skills (native and introduced) as alternative of conservation and reseeding for grazing animals.

Keywords: erosion, native plants, hydrology.

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

² Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), Red de Ambiente y Sustentabilidad. Miguel de Cervantes No. 120, Complejo Industrial Chihuahua, CP 31109, Chihuahua, México.

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

Introducción

Según Newman *et al.* (2006) las gramíneas del pastizal poseen importantes funciones eco-hidrológicas, como la interceptación de lluvia y almacenamiento de agua en suelo y drenaje profundo. Ayudan a la retención de sedimentos y escurrimientos, mejoran la infiltración y fijación de carbono que se llevan a cabo gracias a los hábitos de crecimiento, a su estructura fisiológica y su interacción con el medio ambiente (Reynolds *et al.*, 2005).

En el norte de México, la invasión de especies vegetales en áreas de pastizal se asocia principalmente a la ganadería extensiva (Ortega-Ochoa *et al.*, 2008), a la agricultura, al desarrollo urbano desorganizado y a la interacción con factores climáticos y edáficos (Mganga *et al.*, 2010). Sánchez-Muñoz (2009) menciona que las gramíneas no nativas (introducidas) en el estado de Chihuahua son originarias de África en su mayoría, y representan una amenaza para la biodiversidad de la zona debido a que son menos deseables por el ganado por su bajo valor nutricional, su pobre valor ecológico y a su rápido desplazamiento sobre áreas dominadas por especies nativas (Carrillo-Saucedo *et al.*, 2009). Las implicaciones hidrológicas del cambio de uso de suelo y la introducción de especies no nativas pueden influir en la modificación del ciclo hidrológico, especialmente en procesos de infiltración, escurrimiento y evapotranspiración (Seyfried *et al.*, 2005), así como en la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica (SSDS, 2000); sin embargo, se desconoce en general el papel verdadero que tienen en este sentido los grupos de gramíneas nativas e introducidas en ambientes donde cohabitan (Lebgue, 2002).

En un contexto eco-hidrológico, esta investigación evalúa esencialmente la función hidrológica-ambiental que brindan los pastizales en zonas áridas del Desierto Chihuahuense donde coexiste la vegetación nativa e introducida, específicamente en la periferia de la ciudad de Chihuahua, aplicando la infiltrimetría de aspersión (simulación de lluvia). Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo principal trabajar con cuatro

unidades de pastizal para determinar funciones eco-hidrológicas como: el proceso de infiltración, conductividad hidráulica a saturación (aptitudes para recarga) y producción de escurrimiento (aptitudes de protección contra erosión hídrica) en especies de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio. El presente trabajo se desarrolló en el otoño de 2010 en una zona de pastizal con clima semiárido (García, 2004) dentro de una franja suburbana al sur de la ciudad de Chihuahua (Figura 1), ubicada en la cuenca alta del río Chuvíscar. La precipitación media anual en la zona es de 421 mm; agosto es el mes más húmedo con 116 mm de promedio histórico, y el más seco es marzo, con 4 mm (INEGI, 2004). Los suelos dominantes son del tipo calcisol háplico, mayormente distribuidos dentro de la superficie del municipio de Chihuahua (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994).

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.



Selección de sitios. Para contrastar posibles efectos de origen de especies sobre las funciones hidrológicas de los pastizales, se seleccionaron dos sitios con dominancia de pastizal introducido; otro con dos gramíneas nativas y otro con una especie nativa y otra introducida: el Sitio 1 estuvo integrado por *Eragrostis superba* (zacate avena o garrapata) con 65% de cobertura vegetal aérea (CVa), con presencia de herbáceas (13.00% CVa) y otras gramíneas (6.67% CVa); el Sitio 2, con *Eragrostis lehmanniana* o zacate africano (36.51% CVa) con presencia de herbáceas (15.08% CVa) y otras gramíneas (24.60% CVa); el Sitio 3, con la gramínea nativa *Bouteloua gracilis* o zacate navajita azul –blue gramma- y *Heteropogon contortus* o pasto barba negra (33.44% CVa), con presencia de herbáceas (17.46% CVa) y otras gramíneas (12.59% CVa); y el Sitio 4, con la especie nativa *Digitaria californica* o zacate punta blanca y una introducida *Melinis repens* (Sin. *Rhynchelytrum repens*) o zacate rosado –natal redtop- (40.85% CVa) con presencia de herbáceas (19.05%) y otras gramíneas (35.34%) (USDA-NRCS, 2011).

Descripción de la interface suelo-vegetación en parcelas. Se estimaron los porcentajes de los estados de superficie con los mismos criterios que a nivel de sitio, pero esta vez con un muestreo sistemático dentro de cada parcela de simulación de lluvia sobre un cuadrante; además de los índices de rugosidad (*Ir*) y tortuosidad (*It*) mediante el método de cadena (Miranda-Ojeda, 2006). La densidad de gramíneas (*Dgr*), altura promedio de gramíneas (*Hgr*) y diámetro promedio de macollo (*Dpm*), se calcularon midiendo cada una de estas dentro del área de la parcela (Seyfried *et al.*, 2005).

Protocolo experimental de simulación de lluvia. Se utilizó un mini-simulador de lluvia de tipo aspersor, versión cabeza electrónica (Deltalab-EID340) sobre 20 parcelas de 1 m² c/u, distribuidas en cuatro sitios de estudio (Asseline, 1988); se aplicaron eventos con intensidad de 40 mm h⁻¹ que representa la lámina promedio

de precipitación máxima diaria en el periodo de 1971 al 2000 (CNA-SNM, 2000). La campaña de simulación de lluvia se llevó a cabo del 25 de septiembre al 29 de noviembre de 2010. En estos meses, las especies estudiadas habían concluido su etapa de crecimiento anual y en general con pocos eventos pluviales.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques aleatorizados (Self-Davis *et al.*, 2003). En los cuatro sitios se seleccionaron seis especies de gramíneas y se clasificaron según el origen bio geográfico; las nativas: *B. gracilis* y *H. contortus* (Sitio 3); *D. californica* (Sitio 4); las introducidas: *E. lehmanniana* (Sitio 2); *E. superba* (Sitio 1) y *M. repens* (Sitio 4).

Se llevó a cabo un análisis de varianza para probar los efectos de los tratamientos utilizando el programa computacional SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Carolina del Norte, EUA), mediante el procedimiento PROC GLM, y un análisis de componentes principales (ACP), entre variables hidrodinámicas y biofísicas con el programa estadístico Minitab 15 (Minitab, Pensilvania, EUA) para distinguir afinidades y discrepancias en las funciones eco-hidrológicas entre pastizales.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los elementos de superficie que interfieren más directamente con los procesos hidrológicos dentro de la relación suelo-vegetación y se describieron a escala de sitio y de parcelas de simulación de lluvia (Casenave y Valentín, 1989) respectivamente por el método de línea intercepto y por mallas cuadradas (10 cm x 10 cm), considerándose la vegetación basal (CB) y aérea (CVa) de las gramíneas, plantas herbáceas, arbustivas y elementos de grava, mantillo y suelo desnudo. Los sitios presentaron un gradiente en el porcentaje de suelo desnudo, el Sitio 3 fue el de mayor suelo desnudo, seguido por los Sitios 1 y 2, y por último el 4. La cobertura de grava fue mayor en el Sitio 2, seguido del 3 y 4. El mantillo fue superior en el Sitio 4, seguido del 3 y en menor medida el Sitio 2.

Cuadro 1. Promedios de cobertura del estado de superficie del suelo por sitio.

Sitio	Gramíneas objetivo (%)	Otras gramíneas (%)	Cobertura herbáceas (%)	Mantillo (%)	Grava (%)	Suelo desnudo (%)
Sitio 1 (CVa)	65.00	71.67	13.89	-	-	21.67
Sitio 1 (CB)	45.00	65.22	10.10	-	-	19.23
Sitio 2 (CB)	22.22	34.92	6.35	6.35	31.75	20.63
Sitio 2 (CVa)	36.51	61.11	15.08	-	-	28.57
Sitio 3 (CB)	23.81	30.16	12.70	20.63	25.40	11.11
Sitio 3 (CVa)	33.44	46.03	17.46	-	-	36.51
Sitio 4 (CB)	04.52	23.81	9.52	36.51	26.98	03.17
Sitio 4 (CVa)	40.85	76.19	19.05	-	-	25.40

CVa= Cobertura aérea.

CB= Cobertura basal.

Las variables físicas y de fertilidad del análisis de suelo tamizado a 2 mm se muestran en el Cuadro 2. Las clases texturales identificadas según la "Soil Science Society", SSS (2007) fueron: FAL = Franco arcillo limoso (Silty clay loam) para el Sitio 1; FAA = Franco arcillo arenoso (Sandy clay loam), para los Sitios 2 y 3 y AA = Arcillo arenoso (Sandy clay) en el 4. Los suelos son considerados minerales en todos los sitios, según la clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (SSDS, 2000). Se consideran minerales si los valores de materia orgánica (MO) son inferiores a 12% y contienen menos de 60% de arcilla (SSS, 2007). El Sitio 1 registró un porcentaje de partículas de limo mayor, mientras que la fracción de arenas fue menor. Según Abu-Zreig (2006) los suelos con distribuciones de partículas predominantes en limos y arenas finas son más propensos a deterioro por erosión, lo que puede ocasionar rompimiento de los agregados del suelo y dispersión de arcillas. La diferencia en textura entre los sitios puede ser debido al efecto de diversos factores, como la diferencia en pendiente, topografía y composición botánica, que afectan la variabilidad de los procesos puntuales de deposición de partículas a través de un terreno. En los Sitios 1 y 3 se obtuvieron niveles medios de concentración de CaCO₃, mientras que los otros registraron ausencia (SEMARNAT, 2002). Lo anterior indica que los

carbonatos de calcio están aumentando la alcalinidad del suelo gracias a sus propiedades químicas, pero esto no explica la diferencia en pH entre los Sitios 2 y 4, donde se observó ausencia de carbonatos. El principal componente que afecta el pH es la MO, sin embargo, los datos no muestran la causa diferencial en pH del suelo en el Sitio 4. Tal vez estén ocurriendo procesos microbianos que generen liberación de ácidos fúlvicos y aminados que incrementen su acidez, indicando con ello que los pastizales de *D. californica* y *M. repens* sean más resistentes a estas condiciones (Melgoza *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Parámetros de caracterización físico-química del suelo por sitio en la parte alta de la cuenca del río Chuvíscar.

Parámetro	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
Arena (%)	15.568	61.568	63.568	53.538
Limo (%)	45.120	15.12	15.12	13.12
Arcilla (%)	39.312	23.312	21.312	33.312
Nombre textural ^a	FAL1	FAA2	FAA2	AA3
K _{sat} (mm.h ⁻¹)*	87.12	206.60	54.00	165.60
ρ _r (gr.cm ⁻³)	2.884	2.093	2.702	2.2156
ρ _a ^a (gr.cm ⁻³)	1.351	1.223	1.222	1.1952
n _s ⁺ (%)	53.15	41.57	54.75	46.05
pH (CaCl ₂)	8.13	8.19	8.24	6.4
MO (%)	1.03	0.8	0.76	0.49
CaCO ₃ (%)	11.74	0.00	11.74	0.00
P _s (%)	41	33.5	34.0	40.0
C.E. (μS.cm ⁻¹)	0.5	0.48	0.45	1.1
N-NO ₃ (kg.ha ⁻¹)	120	157.5	489.38	281.25
Fósforo (kg.ha ⁻¹) ¹	31.5	29.5	40.60	34.8
Potasio (ppm)	1037.5	562.5	887.5	825
Calcio (ppm)	6612.5	200.0	7225	3087.5
Magnesio (ppm)	237.5	625.0	212.5	600
Sodio (ppm)	662.5	625.0	637.5	525
Cobre (ppm)	0.54	0.26	0.40	0.42
Fierro (ppm)	1.60	2.28	1.78	8.86
Manganeso (ppm)	2.92	3.08	3.76	23.2
Zinc (ppm)	2.98	1.04	1.46	2.42

^a Según la clasificación de SSS (2007): ¹Franco arcillo limoso; ²Franco arcillo arenoso; ³Arcillo arenoso; ⁴Medida en campo por el método de cilindros de densidad (Reyes-Gómez *et al.*, 2006). *K_{sat}: calculada con la relación descrita en Viramontes-Olivas *et al.* (2008).

Estructura de vegetación. Se observaron diferencias en los componentes bióticos de la estructura vegetal en los pastizales estudiados (Cuadro 3). Se presentó alta densidad de gramíneas (*Dgr*) en los Sitios 1 y 2, donde predominan las plantas introducidas del género *Eragrostis*; esto podría deberse a las características fisiológicas y adaptativas de estas especies (Sánchez-Muñoz, 2009). En los valores generales de cobertura basal de gramíneas (*CBgr*) se apreciaron pocas diferencias entre los dos grupos, tanto de nativas e introducidas (9.9 y 10.2% ± 6 y 5%, respectivamente); en cambio, sí se observan los promedios de las parcelas con mayor presencia de vegetación donde la cobertura basal es ligeramente superior en sitios de especies nativas (3% más que en los casos de introducidas). Cuando se contempla la cobertura aérea de las parcelas, no hay

diferencias marcadas entre nativas e introducidas; en aquellas con presencia de vegetación (*XC.V*), las especies introducidas en los Sitios 1 y 2, presentaron alrededor de 10% más de cobertura aérea de gramíneas (*CAgr*). Con el mantillo depositado en la superficie del suelo (*Mo*), el Sitio 1 (*E. superba*) reflejó la mayor cobertura, seguido de los Sitios 3 y 4, donde predominan los pastos nativos *B. gracilis* y *D. californica* (51 y 52%, respectivamente). El suelo desprovisto de vegetación (*SD*) cubrió 40% de la superficie en el Sitio 2 con pasto introducido *E. lehmanniana*, mientras que en los dos sitios de pastos nativos (3 y 4), se mantuvo entre 17 y 19%, alcanzando valores bajos el Sitio 1 del pastizal de *E. superba*. Lo anterior indica que existen diferencias entre sitios de estructura vegetal aérea y elementos bióticos (mantillo) de superficie, así como físicos (gravas y suelo desnudo) que están afectando las aptitudes hidrológicas de esos biomas.

Cuadro 3. Componentes bióticos de la estructura vegetal en los pastizales estudiados.

VARIABLES	Dgr (P.m ²)	Hgr (cm)	Dpm	CBgr	CBhb	Mo	Gv	SD	CAgr	Cahb
Sitio 1										
*Promedio	17.2	44.9	10.3	9.7	2.2	45.2	17.9	24.7	64.6	9.3
D.E.	7.0	26.7	9.4	5.8	1.7	25.9	10.5	19.5	35.0	8.9
XC.V.	23.0	66.3	17.2	14.0	1.2	66.9	9.0	8.6	89.6	2.0
Sitio 2										
*Promedio	17.2	42.1	4.3	8.2	1.6	27.6	8.6	53.7	53.3	3.9
D. E.	12.0	29.8	2.9	6.1	3.3	26.5	5.2	24.8	40.1	7.8
XC.V.	23.5	62.4	5.6	12.4	0.0	41.3	6.2	40.0	83.1	0.0
Sitio 3										
*Promedio	11.6	40.0	8.4	14.7	2.7	39.9	21.7	20.8	59.5	5.5
D.E.	7.8	21.6	4.8	5.8	3.1	17.6	19.6	8.9	27.3	7.8
XC.V.	16.5	52.1	9.2	18.1	1.6	50.6	9.7	19.8	76.8	0.8
Sitio 4										
*Promedio	10.3	58.5	5.7	6.4	3.3	35.9	19.9	34.3	46.1	6.4
D.E.	8.6	38.1	5.2	3.4	4.8	17.9	17.0	26.2	32.1	6.9
XC.V.	13.5	66.1	6.7	12.4	3.7	52.0	14.4	17.3	73.9	4.1

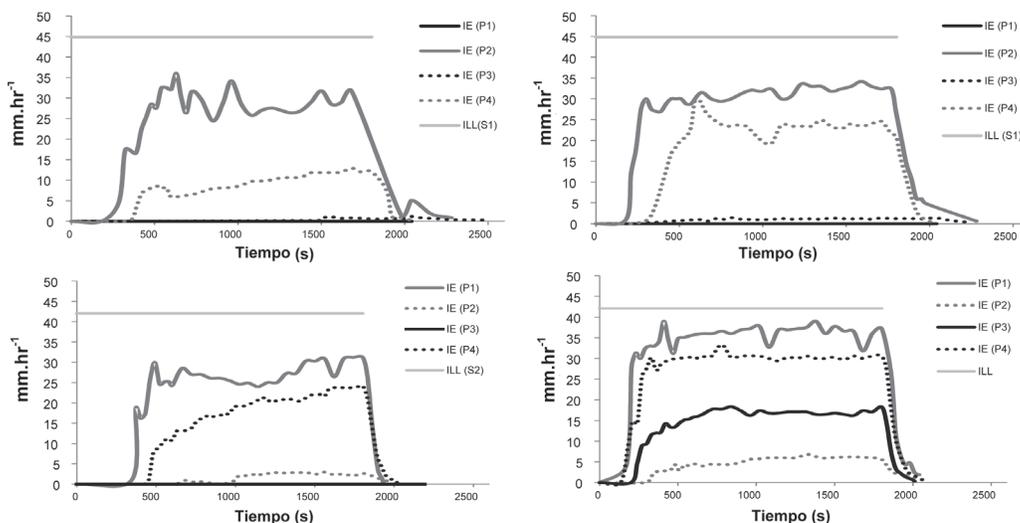
* Representan los promedios derivados del total de parcelas de simulación de lluvia; D.E. = Desviación estándar para el total de parcelas *Dgr* = Densidad de gramíneas (P = plantas), *Hgr* = altura de gramíneas, *Dpm* = diámetro de macollo, *CBgr* = cobertura basal de gramíneas, *CBhb* = cobertura basal de herbáceas, *Mo* = cobertura de mantillo, *Gv* = cobertura de grava, *SD* = cobertura de suelo desnudo, *CAgr* = cobertura aérea de gramíneas, *Cahb* = cobertura aérea de herbáceas, *XC.V.* = Promedios en las parcelas con tratamiento de presencia de vegetación (> 50%).

Aptitudes de escurrimiento e infiltración. En los hidrogramas de escurrimiento durante los eventos de lluvia simulada, se aprecian los sitios donde se generó escurrimiento, alcanzando un régimen casi permanente (fases asintotas de las curvas de escurrimiento en las figuras 2 y 3. Esa condición de permanencia representa el equilibrio hidrodinámico del suelo y se está en posibilidad de evaluar funciones hidrológicas del mismo a través de los coeficientes de infiltración y escurrimiento, útiles para el entendimiento de las funciones hidrológico ambientales de los pastizales en estudio (Reyes-Gómez *et al.*, 2007; Viramontes-Olivas *et al.*, 2008). Durante la fase de equilibrio hidrológico existen dos efectos claramente observables, el primero es que el contenido de humedad inicial del suelo aparece en menor tiempo y se produce más volumen de escurrimiento en condición húmeda que cuando existe un estado aparente seco (caso de IE-P2, IE-P4 de los Sitios 1 y 2, y en el caso IE-P4 del Sitio 2). El segundo efecto se produce en presencia de vegetación, donde existe menor escurrimiento en la mayoría de los casos. Cualitativamente, este efecto se observa con

claridad en las parcelas (P) en presencia de material vegetal en el Sitio 1 (P1 y P3); del 2 (P3 y P4) y del Sitio 3 (P1, P3, P5, P6), donde escurre menos que en las parcelas con escasa o nula presencia de vegetación (P2 y P4, Sitio 1). Estos

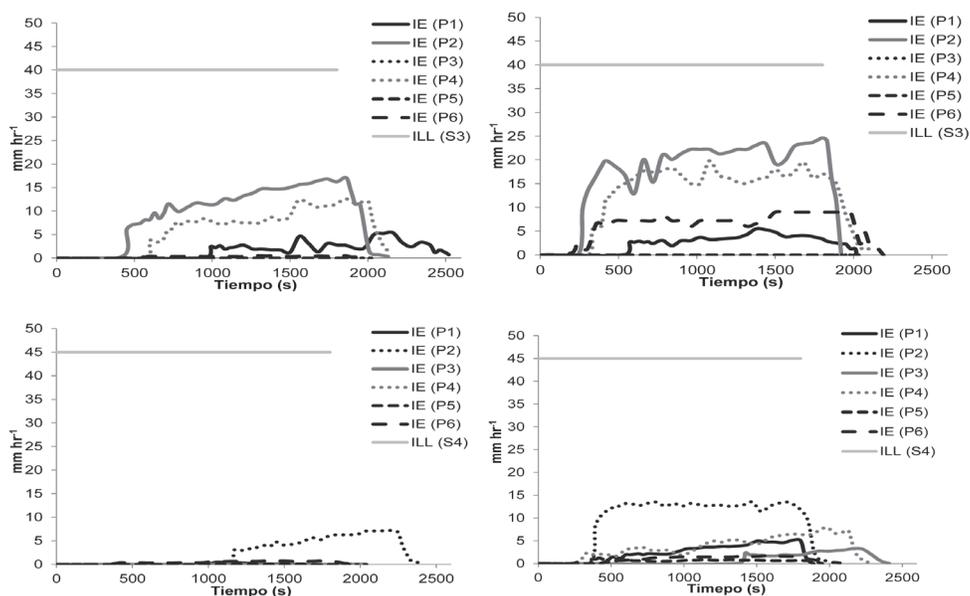
efectos de la vegetación sobre la capacidad de infiltración se pueden apreciar cuantitativamente con los coeficientes de infiltración (K_i) dados por la relación de la lámina de lluvia infiltrada (L_i) sobre la lámina de lluvia aplicada (L_p) (Figura 4).

Figura 2. Hidrogramas de escurrimiento en condición seca (lado izquierdo) y húmeda (derecha) para los Sitios 1 (arriba) y 2 (abajo).



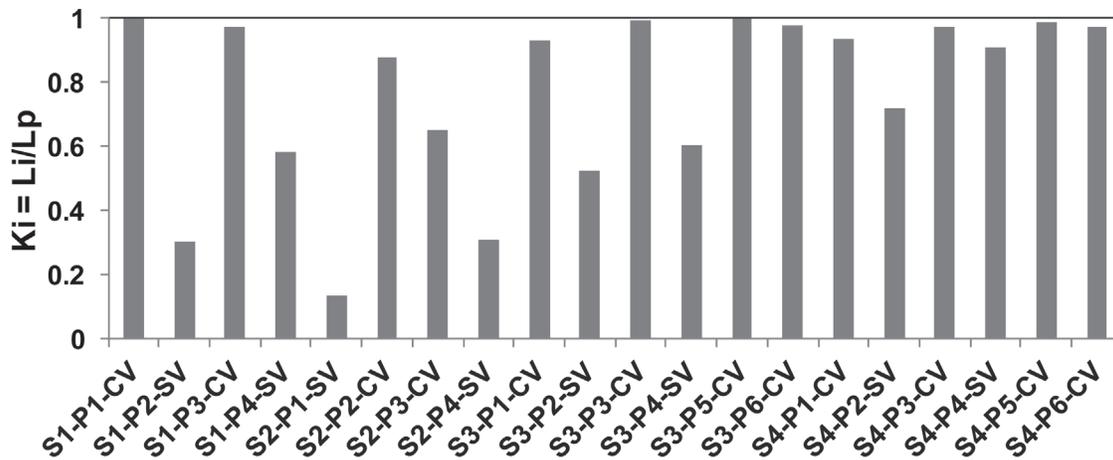
IE = intensidad de escurrimiento, ILL = intensidad de lluvia, P1 y P4 número de parcelas de simulación de lluvia.

Figura 3. Hidrogramas de escurrimiento en condición seca (lado izquierdo) húmeda (derecha) para los sitios de estudio 3 y 4.



IE = intensidad de escurrimiento, ILL = intensidad de lluvia, P1 y P4 número de parcelas de simulación de lluvia.

Figura 4. Aptitudes de infiltración en parcelas de simulación de lluvia. S1...S4 (sitios); P1...P6 (parcelas); SV (tratamiento sin vegetación); CV (con vegetación).



Los valores de K_p se mantienen por debajo de 0.3 en sitios con especies introducidas (1 y 2) y entre 0.5 y 0.7 para suelos desnudos en pastizales nativos (3 y 4). Esos valores se incrementan por encima de 0.9 en los cuatro sitios cuando la vegetación es abundante.

Afinidad de aptitudes de escurrimiento e infiltración. Los resultados del análisis de componentes principales (ACP) mostraron 79% de variabilidad explicada en los dos primeros CP, y de 88% con el tercero (Cuadro 4). Se aprecian cuatro grupos (Figura 5) separados según las aptitudes para producir escurrimiento (K_e) o favorecer la infiltración (K_s). En el caso de producir escurrimientos, los sitios más aptos fueron ubicados principalmente en el cuadrante negativo (Grupo IV), donde el coeficiente de escurrimiento (K_e) en condición inicial (seca o húmeda) del suelo, se relacionó negativamente con la altura de las gramíneas objetivo (AV), la presencia de mantillo (MO_s) y de elementos gruesos de superficie del suelo como gravas (Cg), indicando que a mayor presencia de estos, menor será el volumen de escurrimiento que se produzca, tal como lo indican las direcciones de las flechas de esas variables.

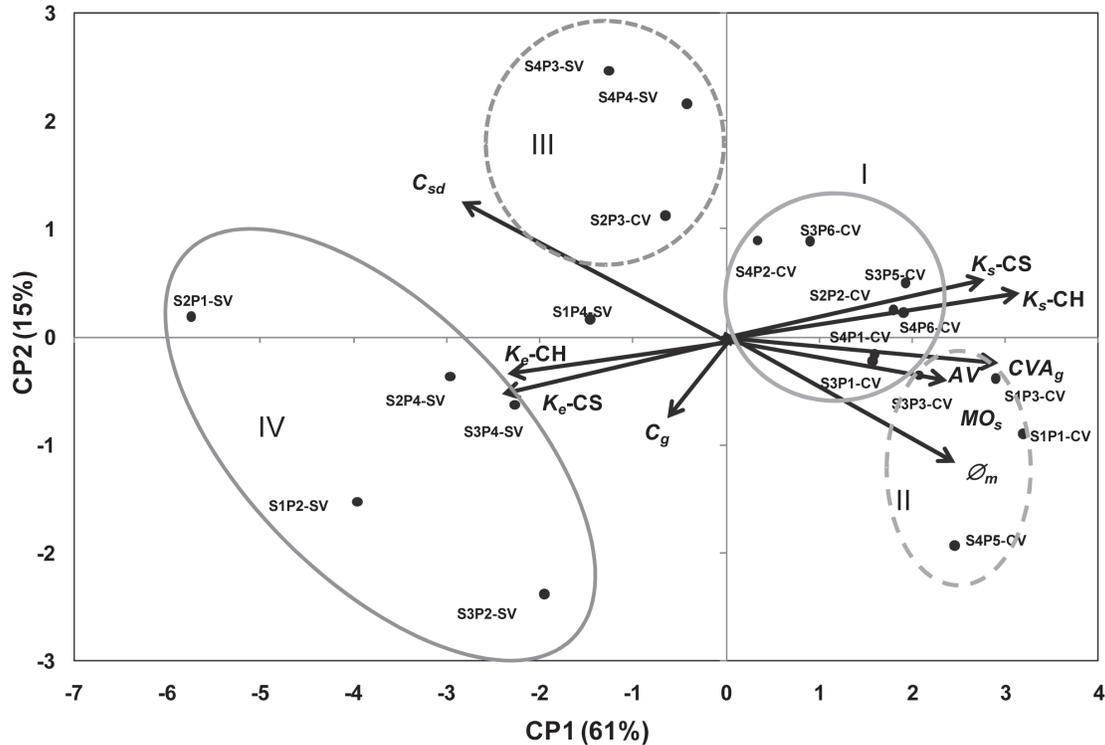
Contrariamente, los suelos menos aptos para producir escurrimiento son los ubicados en el lado derecho (Grupos I y II), que corresponden a suelos con elevadas aptitudes de infiltración (mayor conductividad hidráulica (K_s) en condición inicial seca y húmeda). Esta última propiedad es elevada K_s en los tres

Cuadro 4. Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación.

Valor propio	6.1074	1.4453	1.2593	0.4952	0.405	0.1858	0.0685	0.0162
Proporción	0.611	0.145	0.126	0.05	0.041	0.019	0.007	0.002
Acumulada	0.611	0.755	0.881	0.931	0.971	0.99	0.997	0.998
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6		
AV	0.315	-0.142	-0.271	0.62	0.232	0.56		
MOs	0.341	-0.159	-0.283	-0.498	0.108	0.313		
Cg	-0.090	-0.533	0.614	0.255	0.266	-0.08		
Csd	-0.298	0.485	-0.079	0.375	-0.308	0.077		
CVAg	0.313	-0.066	-0.452	0.237	0.23	-0.682		
Ks-CS	0.343	0.291	0.272	0.245	-0.06	-0.011		
Ke-CS	-0.361	-0.258	-0.233	-0.035	-0.078	0.243		
Ks-CH	0.371	0.170	0.262	-0.106	-0.099	0.205		
Ke-CH	-0.370	-0.208	-0.244	0.142	0.011	0.04		
Dm	0.259	-0.456	-0.038	0.119	-0.83	-0.094		

K_s -CS = Conductividad hidráulica en condición inicial seca de suelo (mm h^{-1}); K_s -CH = Conductividad hidráulica en condición inicial húmeda del suelo (mm h^{-1}); CVA_g = Cobertura vegetal aérea de gramíneas (%); AV = Altura de vegetación (cm); MO_s = Materia orgánica seca mantillo (%); ϕ_m = Diámetro de los macollos de gramíneas (cm); C_g = Cobertura de gravas (%); K_e -CS = Coeficiente de escurrimiento en condición inicial seca del suelo (%); K_e -CH = Coeficiente de escurrimiento en condición inicial húmeda del suelo (%); C_{sd} = Cobertura de suelo desnudo (%); S1P1-SV, S1O2-CV, S4P6-CV = códigos de sitios y condición de presencia de vegetación-CV y sin ella SV.

Figura 5. Plano de componentes principales (CP) sobre las aptitudes de escurrimiento e infiltración en los sitios de estudio.



primeros componentes principales; se relaciona positivamente con las mismas variables que en el caso de suelos con aptitudes de escurrimiento. En el Grupo III se ubicaron aquellos con y sin vegetación que presentan propiedades intermedias para dejar infiltrar agua o para producir escurrimiento. En los sitios donde no se presentó escurrimiento alguno, se consideró que K_s fue de la misma magnitud de la lluvia.

Los componentes principales (CP) 2 y 3, separan los suelos sobre todo debido a la presencia de mantillo y suelo desnudo (eigenvectores de MO_s y cobertura de suelo desnudo (C_{sd})), y el diámetro de macollos de las gramíneas en estudio; sin embargo, de forma similar, la agrupación muestra una relación negativa con aquellos suelos con mayor aptitud de escurrimiento (eigenvectores de K_e en las

columnas de CP2 y CP3) y de forma positiva con aquellos más aptos para la infiltración (valores de K_e en las columnas de CP2 y CP3). Al considerar los promedios generales del K_e y K_s , generados con los datos individuales por parcela (figuras 6 y 7), se puede apreciar que el suelo más apto para producir escurrimiento es el Sitio 2, que se asocia a la especie introducida *E. lehmanniana* seguido del Sitio 1, asociado a la especie introducida *E. superba*; luego el 3, asociado a la nativa *B. gracilis* y por último el suelo con menor aptitud de producir escurrimiento fue el 4, asociado a la mezcla de *D. californica* + *H. contortus* + *M. porteri* y *M. repens*. Con esto se distingue que el suelo asociado a las especies introducidas tiene mayor capacidad de producir escurrimiento, en contraste con los suelos donde predominan las especies de gramíneas nativas.

Figura 6. Aptitudes promedio \pm intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$) para producción de escurrimiento.

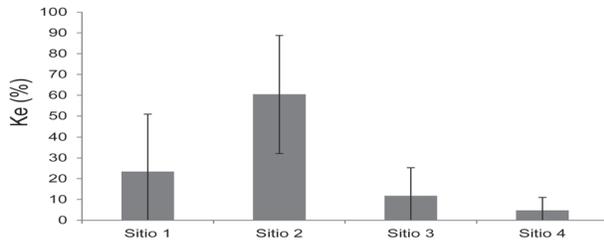
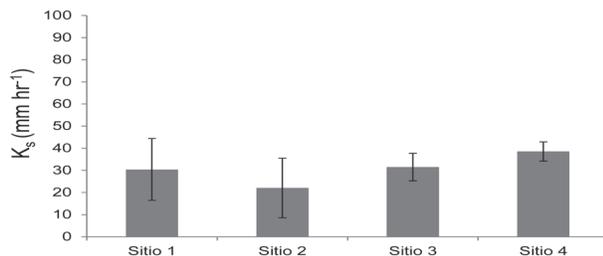


Figura 7. Aptitudes promedio \pm intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$) para conductividad hidráulica de la superficie del suelo.



Comparación de las características hidrodinámicas de los pastizales. Los resultados del análisis de varianza realizado sobre el modelo estadístico propuesto muestran suficiente evidencia estadística para inferir que al menos uno de los tratamientos es estadísticamente significativo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de P derivados de la prueba de F realizada para los tratamientos y variables hidrodinámicas.

Variables hidrodinámicas	Modelo	Tratamientos			
		^a S	^b OE	^c T	^d OE-T
1Ki	0.0059*	0.0127*	0.8584**	0.0043*	0.0848**
1Ke	0.0059*	0.0127*	0.8584**	0.0043*	0.0848**
1Ks	0.0069*	.0241*	0.2413**	0.0045*	0.0563**
2Ki	0.0002*	0.0008*	0.6466**	0.0002*	0.0063*
2Ke	0.0002*	0.0008*	0.6466**	0.0002*	0.0063*
2Ks	0.0001*	0.0003*	0.2370**	0.0001*	0.0073*

* P-valor < 0.05; ** P-valor > 0.05; ^aTratamiento de sitio; ^bOrigen biogeográfico de la especie; ^cTratamiento de tipo de cobertura de suelo; ^dInteracción entre origen biogeográfico de la especie y tratamiento de tipo de cobertura; ¹Condición inicial de suelo seco; ²Condición inicial de suelo húmedo.

Como el valor de K_i depende directamente del valor de K_e , para efectos de discusión se hablará solamente de K_e en ambas condiciones iniciales de humedad. El tratamiento de sitio tuvo un efecto significativo en el escurrimiento generado (K_e) durante la condición seca ($R^2 = 0.8372$) al igual que la condición húmeda ($R^2 = 0.9247$), esto debido a los diferentes factores que afectan de manera puntual las características hidrodinámicas del suelo (Reyes-Gómez *et al.*, 2007). Para el K_e en ambas condiciones de humedad, el efecto de sitio fue significativo, lo que indica que existen diferencias en la estructura de los componentes abióticos, además de la humedad inicial del suelo, lo que afecta las propiedades de los terrenos para generar escurrimiento (Viramontes-Olivas *et al.*, 2008).

El origen biogeográfico (Ob) de la especie no obtuvo diferencias significativas en ninguna de las dos condiciones de humedad para K_e , por lo que asumimos que éste no determina su capacidad para la retención de escurrimientos. Los resultados concuerdan con lo encontrado por Self-Davis *et al.* (2003), quienes al comparar gramíneas con diferentes estructuras de crecimiento y de Ob , no observaron diferencias entre el grupo de especies nativas e introducidas. El tratamiento de cobertura superficial del suelo produjo un efecto estadísticamente significativo para ambas condiciones iniciales de humedad, lo que señala la importancia de la cobertura vegetal en el manejo del escurrimiento sin importar las condiciones iniciales de humedad del suelo (Vásquez-Méndez *et al.*, 2010). Esto es relevante para el manejo de ecosistemas semiáridos con alta fragmentación y degradación ambiental provocada por la urbanización, donde la vegetación es redistribuida por procesos hídricos y eólicos naturales, propiciando cambios ambientales a diferentes escalas, los cuales pueden traer consecuencias negativas tanto para el aspecto socioeconómico como el biótico en un ecosistema (Kaye *et al.*, 2006). Por otra parte,

el tratamiento cruzado de origen de especie y tipo de cobertura superficial del suelo mostró efecto significativo, esto representa que el origen de la especie tiene diferentes efectos en el escurrimiento generado dentro de las parcelas y dentro de cada sitio donde se encuentre, y sus características propias (Koler *et al.*, 2008). Esto muestra que cuando se elimina el efecto de humedad inicial del suelo, la influencia de la estructura de los componentes bióticos (gramíneas) tiende a aumentar. Lo que sugiere que bajo ciertas condiciones de tipo de suelo y humedad, algunas de las gramíneas tendrán diferentes capacidades en el control de los escurrimientos (Weltz *et al.*, 2000). La prueba de comparación de medias de Tukey realizada, encontró diferencias en la medias de K_e entre los sitios 2-3 y 2-4, en ambas condiciones iniciales de humedad. Esto nos explica que los Sitios 1, 3 y 4 tienen las mismas características para producir escurrimiento, y que el Sitio 2 tiene un comportamiento diferente, por lo menos con los Sitios 3 y 4.

El modelo estadístico propuesto para la variable K_s de simulación obtuvo significancia estadística (Cuadro 5) en condición seca ($R^2 = 0.83$) y húmeda ($R^2 = 0.93$). El modelo se ajusta mejor en condición húmeda debido a la eliminación del efecto del estado inicial de humectación en la saturación de la porosidad del suelo. Para K_{s-CS} y K_{s-CH} los tratamientos significativos tuvieron un comportamiento similar a K_e , donde el estado inicial de humedad en el suelo afecta las propiedades hidráulicas de la estructura suelo-planta (Self-Davis *et al.*, 2003). La comparación de medias mediante la prueba Tukey (HSD) en K_{s-CS} (condición seca) mostró diferencias significativas entre los Sitios 2 y 4 en los niveles del tratamiento de cobertura vegetal; mientras que para la condición húmeda se encontraron diferencias significativas entre los pares de Sitios 1-4, 1-2, 2-4, 2-3 y 3-4, además entre los dos niveles del tratamiento de cobertura vegetal. Posiblemente estas diferencias del Sitio 2 se deban a que la especie *E. lehmanniana* puede generar más escurri-

miento porque tiene baja capacidad de interceptación, observada en otros estudios (Wood *et al.*, 1998).

Conclusiones

En el presente trabajo se observaron diferencias importantes en los procesos hidrodinámicos superficiales entre las especies estudiadas; sin embargo, estas no pueden adjudicarse exclusivamente al origen biogeográfico de las gramíneas. Las diferencias de estructura fisiológica aérea y radicular de estas especies pueden llegar a afectar el balance hídrico, principalmente por las disensiones genotípicas y fenológicas intra e inter específicas, por lo que esta clase de estudios se deben complementar con trabajos fisiológicos de crecimiento para establecer cualidades de las gramíneas bajo diferentes condiciones de terreno (Van Devender y Reina, 2005; Carrillo-Saucedo *et al.*, 2009). Por lo tanto, es importante para las implicaciones del manejo de recursos naturales encontrar funciones específicas de la vegetación que pudieran ayudar a la restauración de ecosistemas degradados. La especie *E. lehmanniana* y sus capacidades adaptativas la hacen apropiada en la recuperación paulatina de suelos erosionados con pocos recursos hídricos y nutritivos, mejorando la presencia de materia orgánica, humedad, sedimentos y fertilidad; y consecuentemente, estas condiciones pudieran restablecer algunas características de biodiversidad a mediano o largo plazo (Mnif *et al.*, 2005). La especie invasora *M. repens* también mostró capacidades de establecerse en lugares degradados (principalmente en orillas de caminos), y aunque tiene menos problemas de invasión de comunidades vegetales nativas, su presencia en algunos agostaderos se considera indeseable por su poca palatabilidad; sin embargo, esta especie posee buenas características fisiológicas que ayudan a la retención del escurrimiento y al aumento de la infiltración, aún más que *B. gracilis* (nativa), por

lo que los lugares con invasión de esta especie, pudieran tener relación con algún tipo de degradación más intensa con relación a los sitios dominados con especies nativas o con más biodiversidad. La especie *E. superba* se observó con buen desempeño hidrodinámico y no representa problema grave de dispersión, aunado a sus valores forrajeros que son buenos, por lo que dentro de las especies introducidas del presente trabajo, esta pudiera ser la más recomendable para cultivos con motivos de consumo animal (USDA-NRCS, 2011).

Se recomienda que las estrategias de control de áreas invadidas por *E. lehmanniana* y *M. repens* deban incluir a estas especies en la recuperación del estrato del suelo y sus componentes bióticos y abióticos antes de aplicar métodos exhaustivos de restauración de la biodiversidad. La sucesión secundaria de la biodiversidad de un área a partir de una perturbación hacia una condición de estado socioeconómico y biofísico aceptable pudiera llevar años, sin embargo, se podrían utilizar algunos otros métodos como aceleradores de esta sucesión de un estado de dominancia mono específica hacia una biodiversidad más funcional (Cortina *et al.*, 2004).

Agradecimientos

A PROMEP (Programa de Mejoramiento al Profesorado) por el apoyo proporcionado en la realización de este trabajo dentro del proyecto: Papel Hidrológico Ambiental de las Propiedades Hidráulicas del Suelo en las Cuencas de los Ríos Chuvíscar y Sacramento. A la Fundación PRODUCE en la elaboración de esta investigación y al Instituto de Ecología, A.C. (INECOL-Chihuahua).

Literatura citada

- ABU-ZREIG, M. 2006. Runoff and erosion control of silt clay soil with land application of polyacrylamide. *Arch. Agron. Soil Sci.* 52: 289-298 p.
- ASSELINE, J. 1988. El simulador de lluvias: una herramienta para la caracterización hidrodinámica de los suelos. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo de la Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chihuahua, México.

- CARRILLO-SAUCEDO, S. M., T. Arredondo, E. Huber-Sannwald, y J. F. Rivas. 2009. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Técnicas Pecuarias México* 47: 299-312 p.
- CASANAVE, A., y C. Valentin. 1989. Les états de surface de la zone Sahélienne: Influence sur l'infiltration. Paris: IRD.
- CNA-SNM (Comisión Nacional del Agua-Servicio Meteorológico Nacional). 2000. Normales climatológicas 1971-2000. Chihuahua, Chihuahua, México.
- CORTINA, J., A. Vilagrosa, R. N. Caturla, F. T. Maestre, E. Rubio, J. M. Ortiz de Urbina, y A. Bonet. 2004. Restauración en semiárido. Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo: 345-406 p.
- GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2ª ed. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2004. Cuaderno Estadístico Municipal de Chihuahua. Edición 2004. México. <http://www.inegi.org.mx/>. Consultado en diciembre 22, 2010.
- KAYE, J. P., P. M. Groffman, N. B. Grimm, L. A. Baker, and R. V. Pouyat. 2006. A distinct urban biogeochemistry?. *TRENDS in Ecology and Evolution* 4: 192-199 p.
- KOLER, S. A., G. W. Frasier, M. J. Trlica, y J. D. Reeder. 2008. Microchannels affect runoff and sediment yield from a shortgrass prairie. *Rangeland Ecology and Management*. 61: 521-528 p.
- LEBUE, K. T. 2002. Gramíneas de Chihuahua, manual de identificación. 3ª edición. Dirección de Extensión y Difusión Cultural. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, México.
- MELGOZA, A., C. R. Morales, J. S. Sierra, M. H. Royo, G. Quintana, y T. Lebgue. 2006. Manual práctico para la identificación de las principales plantas en los agostaderos de Chihuahua. 1ª edición. Editorial ISBN. México.
- MGANGA, K. Z., M. M. Nyangitom N. K. R. Musimba, D. M. Nyariki, A. W. Mwangombe, W. N. Ekaya, W. M. Muiru, D. Clavel, J. Francis, R. von Kaumann y and J. Verhagen. 2010. The challenges of rehabilitating denuded patches of a semi-arid environment in Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology* 7: 430-436 p.
- MIRANDA-OJEDA, N. E.: 2006. Caracterización hidrodinámica del suelo superficial en la cuenca media alta del río Conchos. Tesis de licenciatura. Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, México.
- MNIF, L. S. Derbel, y M. Chaieb. 2005. Las Poáceas perennes: una alternativa para la rehabilitación y la restauración de pastos degradados en el Túnez presahariano. *Ecosistemas* 14: 57-66 p.
- MORAN, M. S., D. P. C. Peters, M. P. McClaran, M. H. Nichols, and M. B. Adams. 2008. Long-term data collection at USDA experimental sites for studies of ecohydrology. *Ecohydrology* 1: 377-393 p.
- NEWMAN, B. D., B. P. Wilcox, R. R. Archer, D. D. Breshears, C. N. Dahm, C. J. Duffy, N. G. McDowell, F. M. Phillips, B. R. Scanlon y E. R. Vivoni. 2006. Ecohydrology of water-limited environments: A scientific vision. *Water Resources Research*. doi:10.1029/2005WR004141.
- ORTEGA-OCHOA, C., C. Villalobos, J. Martínez-Nevárez, C. M. Britton y E. Sosebee. 2008. Chihuahua's cattle industry and a decade of drought: economical and ecological implications. *Rangelands* 32: 2-7 p.

- ORTIZ-SOLORIO, C. A., D. Pájaro-Huertas, y V. M. Ordaz-Chaparro. 1994. Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas. Cuadernos de Edafología 15. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Estado de México, México.
- REYES-GÓMEZ, V. M., N. Miranda-Ojeda, P. B. Sánchez-Rodríguez, y O. Viramontes. 2007. Papel hidrológico-ambiental de las propiedades hidráulicas del suelo superficial de la cuenca del río Conchos. *Ingeniería Hidráulica en México* 4: 33-46.
- REYNOLDS, J. F., F. T. Maestre, E. Huber-Sannwald, J. Herrick y P. R. Kemp. 2005. Aspectos socio-económicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas* 3: 1-19 p.
- SÁNCHEZ-MUÑOZ, A. J. 2009. Invasive lemming lovegrass (*Eragrostis lehmanniana*) in Chihuahua, México: Consequences of invasion. Phd. dissertation. Oklahoma State University, Tucson, Arizona, E.U.A.
- SELF-DAVIS, M. L., P. A. Moore, T. C. Daniel, D. J. Nichols, T. J. Sauer, C. P. West, G. E. Aiken, y D. R. Edwards. 2003. Forage species and canopy cover effects on runoff from small plots. *Journal of Soil and Water Conservation* 58: 349-358 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. México.
- SEYFRIED, M. S., S. Schwinning, M. A. Walvoord, W. T. Pockman, B. D. Newman, R. B., Jackson, y F. M. Phillips. 2005. Ecohydrological control of deep drainage in arid and semiarid regions. *Ecology* 86: 277-287 p.
- SSDS (Soil Survey Division Staff). 2000. Soil survey manual. Soil Conservation Service. Department of Agriculture Handbook 18. E.U.
- SSS (Soil Survey Staff). 2007. Claves para la taxonomía de Suelos, versión 1994. Traducción de Carlos A. Ortiz Solorio, Ma. Del Carmen Gutiérrez Castorena y Jorge Luis García Rodríguez. Décima Edición en Español, 2007. CP, Montecillos, México. 331 págs.
- USDA-NRCS. 2011. The PLANTS Database. National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA. <http://plants.usda.gov>. Consultado en enero 6, 2011.
- VAN DEVENDER, T. R., y A. L. Reina. 2005. The forgotten flora of the border. USDA Fores Service Proceedings RMRS-P-36: 158-161 p.
- VIRAMONTES-OLIVAS, O. A., V. M. Reyes-Gómez, L. F. Escoboza-García, J. A. Román-Calleros, A. Pérez-Márquez, C. Pinedo-Álvarez, P. B. Sánchez-Fernández, y N. Miranda-Ojeda. 2008. Hidrología de los suelos de las cuencas media y baja del río Conchos, Chihuahua, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 4: 31-45 p.
- VÁSQUEZ-MÉNDEZ, R., E. Ventura-Ramos, K. Oleschko, L. Hernández-Sandoval, J. F. Parrot, M. A. Nearing. 2010. Soil erosion and runoff in different vegetation patches from semiarid central Mexico. *Catena* 80: 162-169 p.
- WELTZ, L., G. Frasier, y M. Weltz. 2000. Hydrologic responses of short grass prairie ecosystems. *Journal of Range Management* 53: 403-409 p.
- WOOD, M. K., T. L. Jones, y M. T. Vera-Cruz. 1998. Rainfall interception by selected plants in the Chihuahuan Desert. *J. Range Manage.* 51: 91-96 p. 

Este artículo es citado así:

Viramontes-Olivas, O. A., V. M. Reyes-Gómez, A. Rangel-Rodríguez, C. Ortega-Ochoa, R. A. Soto-Cruz, J. Camarillo-Acosta y T. Lebgue-Keleng. 2012: *Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(3): 181-193.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

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

VÍCTOR MANUEL REYES GÓMEZ. Egresó como biólogo de la ESB-UJED y como Maestro en Ciencias del Colegio de Posgraduados de Montecillos; Obtuvo su DEA en Sciences de l'Eau Dans l'Environnement Continental en la Université de Montpellier II (1999, Francia) y el grado de doctor en ciencias de la Tierra y del Agua en la Université de Montpellier II (2002, Francia). Es investigador del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), adscrito al Centro de Investigación Sobre Sequía (CEISS), especialista en el área de hidro-edafología y en el estudio de sequía y el monitoreo ecológico a largo plazo. Ha sido candidato del SNI (2004-2007), miembro de la Réseau de Zones Arides (1995-2005), miembro de la Comisión Scientiphique électorale de l'IRD-Paris (2003-2005), director del CEISS (2003-2004), coordinador de investigación y docencia del CEISS (2004-2009). Ha publicado 10 artículos indexados, 1 libro y 8 capítulos de libro, ha dirigido 7 proyectos de investigación con fondos externos y participado en otros 7 en colaboración con otras instituciones, ha dirigido 5 tesis de licenciatura y 1 de doctorado. Ha participado en 15 ponencias por invitación y 30 en congresos y simposios nacionales e internacionales. Participó en docencia ofreciendo los cursos de: Manejo de Cuencas, Manejo Integral de los Recursos Naturales y Manejo Integral de Cuencas hidrográficas (UJED y UACH). Es revisor de proyectos de CONACYT (Fondos Mixtos y Sectoriales, SINECYT) y evaluador de artículos en revistas nacionales especializadas.

CARLOS ORTEGA OCHOA. Cursó su licenciatura en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), obteniendo en 1986 el título de Ingeniero Zootecnista. Realizó estudios de posgrado en Iowa State University, otorgándosele en el año de 1993, el grado de Maestro en Ciencias con un mayor en Agronegocios. Sus estudios de doctorado los realizó en Texas Tech University, institución que le otorgó en mayo de 2006 el Doctorado en Ciencias, con un mayor en Manejo de Pastizales y un menor en Economía Agrícola. Es Maestro de Tiempo Completo, posee el Perfil PROMEP y se encuentra adscrito a la Facultad de Zootecnia y Ecología (UACH). Es Miembro del Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología. Ha publicado artículos científicos en diversas revistas arbitradas y de divulgación. Actualmente ocupa el cargo de Presidente del Colegio Nacional de Ingenieros Zootecnistas, A. C. (2007-2009). Desde el año 2006 es Miembro de del Consejo Consultivo Pecuario de la Fundación Produce Chihuahua, A. C. También es Miembro de la Sociedad Internacional de Manejo de Pastizales, ocupando el cargo de Presidente de la Sección México desde el año 2008.

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

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

Guía para autores de escritos científicos

Política editorial

Son bienvenidos manuscritos originales e inéditos de tipo científico, tecnológico o humanístico, los cuales deberán estar escritos con un lenguaje accesible a lectores con formación profesional, atendiendo a los principios de precisión, lógica y claridad. Todo manuscrito recibido es revisado en primera instancia por el Comité de Editores Asociados, para asegurar que cumpla con el formato y contenido establecido por las normas editoriales de *TECNOCENCIA Chihuahua*. Una vez revisado, los editores asociados determinarán su viabilidad para ser publicado; enseguida, se regresa al autor responsable para que incorpore las observaciones y sea editado. Posteriormente, es sometido a un estricto arbitraje bajo el sistema de doble ciego, realizado por dos especialistas en el área del conocimiento.

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

Lineamientos generales

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

TECNOCENCIA Chihuahua, especificando el nombre del investigador a quien se dirigirá toda correspondencia oficial (autor de correspondencia). Se aceptan artículos en español o inglés, sin embargo, tanto el título como el resumen deberán escribirse en ambos idiomas. El contenido puede ser cualquier tema relacionado con algunas de las áreas del conocimiento definidas previamente o que a juicio del Consejo Editorial Internacional pueda ser de interés para la comunidad científica.

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

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

Manuscritos

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

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

Formato

El manuscrito científico tendrá una extensión máxima de 25 cuartillas, incluyendo figuras y cuadros, sin considerar la página de presentación. Para su escritura se utilizará procesador Word 2003 o posterior, para Windows XP o versión más reciente; todo texto se preparará utilizando la fuente Arial en 12 puntos, escrito a doble espacio y numerando páginas, renglones, cuadros y figuras del documento para facilitar su evaluación. Utilizar un margen izquierdo de 3.0 cm y 2.0 cm para el resto. Se recomienda no utilizar sangría al empezar cada párrafo del manuscrito. Los manuscritos de las diferentes categorías de trabajos que se publican en la revista deberán contener los componentes que a

continuación se indican, empezando cada uno de ellos en página aparte.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Texto (capítulos y su orden). Existen diferencias en cuanto al contenido y estructura de cada una de las categorías de escritos científicos, que son

publicados en la revista. Las normas específicas para cada categoría son descritas enseguida, y para aquellos escritos recibidos que no se ajusten a estos formatos, el Consejo Editorial decidirá si pueden enviarse para su revisión al Comité Editorial del área correspondiente.

1. Artículo científico

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

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

Resumen y *abstract*

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

Introducción

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

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

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

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

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

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

- d) *Definición de los objetivos del estudio*. Aquí se enuncia brevemente hacia donde se dirige la investigación, es decir, se describe la manera o el medio a través del cual se pretende examinar el problema definido o la pregunta planteada por el investigador. Esta parte de la introducción permitirá al lector ver si las conclusiones presentadas por el investigador son congruentes con los objetivos planteados al inicio del trabajo. Ejemplo:

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

Materiales y métodos

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

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

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

Resultados y discusión

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

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

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

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

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

Conclusiones

Es aceptable escribir en una sección separada una o varias conclusiones breves, claras y concisas, que se desprenden de los resultados de la investigación y que sean una aportación muy concreta al campo del conocimiento donde se ubica el estudio. No se numeran las conclusiones y al redactarlas debe mantenerse la congruencia con los objetivos del trabajo y el contenido del resumen.

Agradecimientos

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

Literatura citada

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

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

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

Artículos científicos de revistas periódicas

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

Capítulos de libros

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

Libros

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

Memorias de Congresos Científicos

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

Boletín, informe, publicación especial

- Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1980. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta. Circ. 347. 50 p.
- Alvarado, J. 1995. Redacción y preparación del artículo científico. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial 2. 150 p.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 1981. Process design manual for land treatment

of municipal wastewater. USEPA Rep. 625/1-77-008 (COE EM1110-1-501). U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. 60 p.

2. Nota científica

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

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

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

3. Ensayo científico

Manuscrito de carácter científico, filosófico o literario, que contiene una contribución crítica, analítica y solidamente documentada sobre un tema específico y de actualidad. Se caracteriza por ser una aportación novedosa, inédita y expresa la opinión del(os) autor(es) así como conclusiones bien

sustentadas. Su extensión máxima es de 20 cuartillas a doble espacio (incluyendo cuadros y figuras).

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

4. Revisión bibliográfica

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

Preparación de cuadros y figuras

Se recomienda insertar los cuadros y figuras, numerados progresivamente, en el lugar correspondiente del texto. Los cuadros y gráficas deberán dejarse como objetos editables (no como imágenes insertadas), con el propósito de modificarlos en caso de ser requerido. Los títulos de los cuadros y/o figuras se escriben en letra Arial, negritas y 12 puntos. En los títulos, el uso de las letras mayúsculas se limita a la primera letra y nombres propios.

Cuadros

Los cuadros con los resultados se presentan en tablas construidas preferentemente con tres o cuatro líneas horizontales; las dos primeras sirven para separar los encabezados, mientras que la(s) última(s), para cerrar la tabla. Las líneas verticales

se usan también para distinguir columnas de datos. A continuación se presenta un ejemplo de cuadros con información estadística:

Figuras

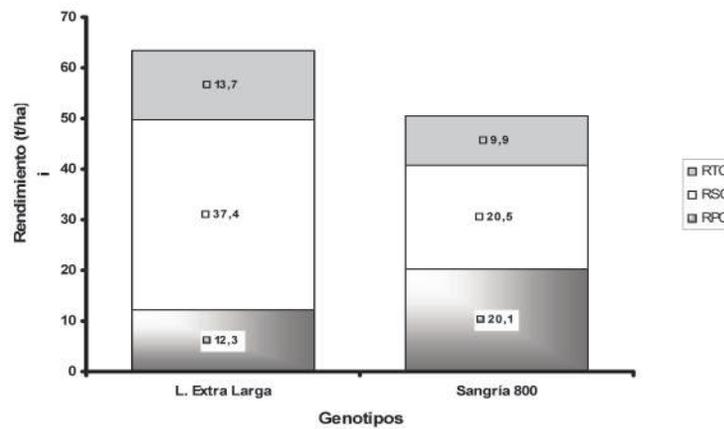
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apearse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

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

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

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

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



Cuadro 2. Unidades de medición y abreviaturas de uso frecuente

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

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

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

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

Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Ciencias Químicas



Programas de Maestría en Ciencias

Reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad, CONACYT

Biotecnología



Ciencia y Tecnología de Alimentos



Nuevo Campus Universitario, Circuito Universitario, Chihuahua, Chih., México, C.P. 31125, Tel. (614)236-6000

Encuentra más información en:

www.fcq.uach.mx



CIENCIA *ergo sum*

Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva
de la Universidad Autónoma del Estado de México



Les comunico que a partir del 31 de octubre del presente año, *CIENCIA ergo sum* ha sido incluida en el **Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, razón por la cual les invito a seguir colaborando con el profesionalismo, dedicación y compromiso con el que lo han hecho hasta ahora, a fin de que esta revista siga siendo un signo de excelencia académica.

Eduardo Loría Díaz
Director Editorial
CIENCIA ergo sum



INFORMES: Instituto Literario No. 215, Col. 5 de Mayo, Toluca, Estado de México, C. P. 50090. Teléfonos y fax: (722) 277 38 35 y 277 38 36.
Correo electrónico: ciencia.ergosum@yahoo.com.mx / Twitter: [CIENCIA_ergosum](#) / Facebook: [Ciencia Ergo Sum](#)

<http://ergosum.uaemex.mx>



ORGULLO DE SER **UACH!**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



Edificio de Rectoría



ORGULLO DE SER **UACH!**

LXXVIII
ANIVERSARIO
UACH
1954 2012