

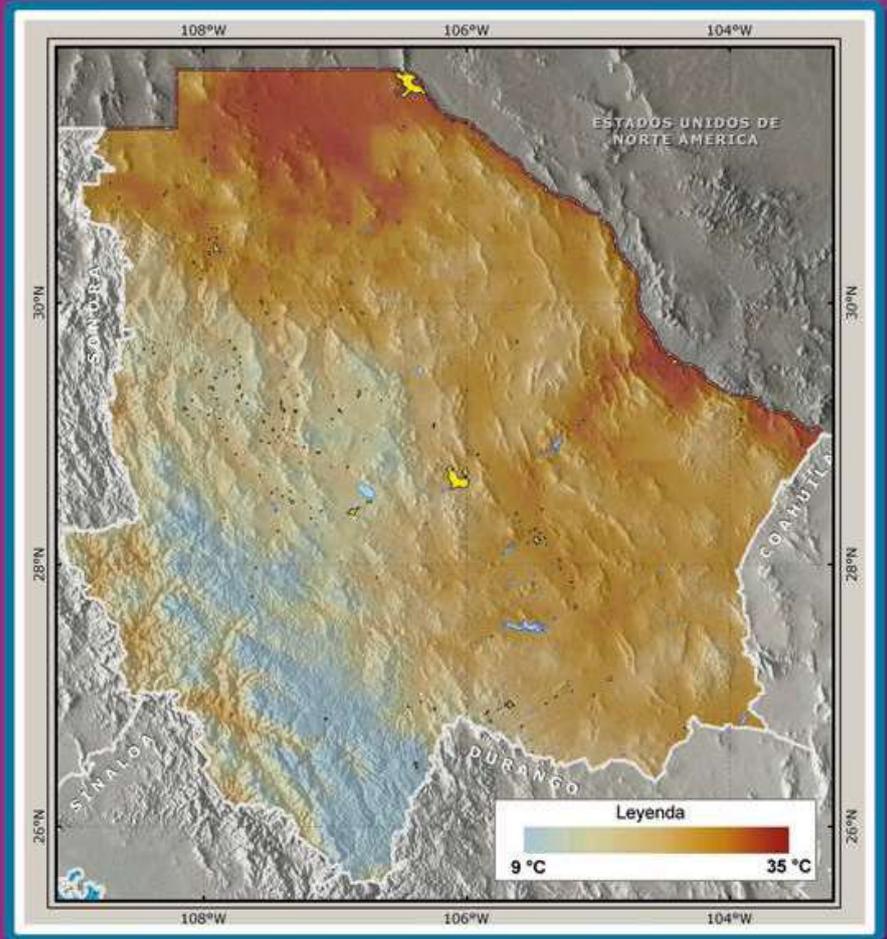
TECNOLOGIA Ciencia

Chihuahua

Revista de ciencia, tecnología y humanidades
Universidad Autónoma de Chihuahua



Color de la manzana 'Red Delicious' bajo malla antigranizo en México



Aplicación y evaluación del modelo MM5 para pronóstico de lluvia y temperatura en Chihuahua, México



Influencia del tipo de agregado empleando el método de fractura superficial para la estimación de la resistencia a compresión del concreto

latindex
PERIÓDICA

\$60.00
Volumen IV
Número 1
Ene-Abr 2010
ISSN: 1870-6606





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

C.P. RAÚL ARTURO CHÁVEZ ESPINOZA

Rector

ING. HERIBERTO ALTÉS MEDINA

Secretario General

DR. ALFREDO DE LA TORRE ARANDA

Director Académico

LIC. ALONSO GONZÁLEZ NÚÑEZ

Director de Extensión y Difusión Cultural

PH. D. ARMANDO SEGOVIA LERMA

Director de Investigación y Posgrado

C. P. MANUEL MENDOZA GARCÍA

Director de Planeación y Desarrollo Institucional

C. P. ROBERTO ZUECK SANTOS

Director Administrativo

TECNOCIENCIA Chihuahua

Comité Editorial Interno

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA

Editor en Jefe

Editores asociados

DRA. ALMA DELIA ALARCÓN ROJO

DRA. ANA CECILIA GONZÁLEZ FRANCO

DR. OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS

DR. JUAN OLLIVIER FIERRO

DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ

DR. JAVIER TARANGO ORTIZ

DRA. LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE

DR. LUIS CÉSAR SANTIESTEBAN BACA

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

M.S.I. IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA

Coordinador editorial

L.S.C.A. MARTHA IVETTE ACOSTA CHÁVEZ

Asistente editorial y Diseño

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen IV, Número 1, enero-abril 2010. 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) 439-1822 (extensión 2213); fax: (614) 439-1823 (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

Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

*Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez
Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Julio César López Díaz
Ana María Arras Vota*

1

Alimentos

Color de la manzana 'Red Delicious' bajo malla antigranizo en México

*Víctor Manuel Guerrero-Prieto
Pascual Roa-Solís
Raul Chacón-Blanco
Jorge Alfonso Jiménez-Castro
Esteban Sánchez-Chávez*

7

Eficiencia de las pruebas discriminatorias para reportar diferencias cuando se utilizan consumidores ecuatorianos

*Yamila Álvarez-Coureaux
Juan Esteban Díaz-Leiva
Angélica Tutasi-Lozada
Ada Manresa-González*

12

Medio ambiente y desarrollo sustentable

Aplicación y evaluación del modelo MM5 para pronóstico de lluvia y temperatura en Chihuahua, México

*Víctor Manuel Reyes-Gómez
Daniel Núñez-López
Oscar Alejandro Viramontes-Olivas
Víctor Diego Quiñonez-Quintana*

21

Ingeniería y Tecnología

Influencia del tipo de agregado empleando el método de fractura superficial para la estimación de la resistencia a compresión del concreto

*José Mora-Ruacho
Raul Arturo Acosta-Chávez
Perla Ivonne Cordero-de los Ríos
Raúl Sandoval-Jabalera*

32

Creatividad y Desarrollo Tecnológico

Análisis del proceso de fabricación de cuellos de camisa

*Rafael Luna-Puente
Juan Darío Guerrero-Aguirre
Eduardo Contreras-Amezquita
Emanuel Moreno-Villanueva*

39

Editorial

Los especialistas que han estudiado el fenómeno de la desertificación, calculan que en menos de 200 años el hombre habrá agotado todos los suelos productivos del planeta. Ante este panorama se requiere una mejora en los métodos de conservación del suelo y la vegetación. El uso de abonos orgánicos como práctica de manejo del suelo, está cobrando mayor importancia por sus comprobados efectos benéficos en los suelos agrícolas. El artículo "Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo" aborda este tema de actualidad, donde sus autores resaltan los métodos de compostaje y vermicompostaje como alternativas de abonos orgánicos benéficos para el suelo agrícola.

Los autores del artículo "Color de la manzana 'Red Delicious' bajo malla antigranizo en México", resaltan el impacto del uso de mallas antigranizo de diferentes colores en el desarrollo del color de este fruto. El estudio se llevó a cabo en Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, considerada como la región productora de manzana más importante del país.

Un creciente interés se ha observado acerca del análisis sensorial, ya que es útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos. Los esfuerzos se han orientado a encontrar la fórmula adecuada que satisfaga el paladar del consumidor y tenga éxito en el mercado. En el área de alimentos, se incluyó el artículo "Eficiencia de las pruebas discriminatorias para reportar diferencias cuando se utilizan consumidores ecuatorianos"; en el estudio fueron comparadas cuatro pruebas de diferenciación de alimentos, las cuales se evaluaron con la participación de un grupo de 121 consumidores ecuatorianos, quienes juzgaron las propiedades organolépticas de cervezas de distintas marcas.

Un conocimiento profundo de la meteorología y climatología, así como la aplicación de la tecnología adecuada, son necesarios para predecir el estado de la atmósfera y proporcionar información de interés público y estratégico para ser usada por los diversos sectores de la población. En el trabajo "Aplicación y evaluación del modelo MM5 para pronóstico de lluvia y temperatura en Chihuahua, México", los autores afirman que el modelo MM5 tiene un alto grado de

certeza al pronosticar lluvia y temperatura. La utilización en Chihuahua de una herramienta de esta naturaleza para predecir condiciones del clima, beneficiará sin duda a amplios sectores de la población al disponer de información confiable y consistente.

En el área de Ingeniería y Tecnología, se publica el artículo "Influencia del tipo de agregado empleando el método de fractura superficial para la estimación de la resistencia a compresión del concreto". En el escrito se analizan y discuten las bondades de un método eficaz, de operación sencilla y de bajo costo para estimar la resistencia del concreto. El método de fractura resulta particularmente útil para realizar una evaluación *in situ*. El tema es de relevancia para la industria de la construcción.

Finalmente, en la sección Creatividad y Desarrollo Tecnológico, se incluye el trabajo de análisis a través del diseño de experimentos, para encontrar la programación óptima de una máquina de tejido que elabora cuellos de camisa. Los autores del estudio "Análisis del proceso de fabricación de cuellos de camisa" detallan las pruebas realizadas para encontrar el punto óptimo de fabricación. Este es un ejemplo de la aplicación práctica del diseño de experimentos, enfocado a la solución de un problema real, que incluye el análisis numérico de las variables involucradas en el proceso de fabricación de camisas.

Ph. D. César H. Rivera Figueroa
EDITOR EN JEFE

Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Effect of organic fertilizer on physical, chemical and biological soil properties

OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ¹, DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA-BARRIOS^{1,2},
JULIO CÉSAR LÓPEZ DÍAZ¹ Y ANA MARÍA ARRAS VOTA¹

Resumen

Algunos de los problemas más importantes que actualmente enfrenta la agricultura en general son la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos. Tradicionalmente, residuos orgánicos han sido incorporados a suelos agrícolas para aumentar el contenido de materia orgánica y como fuente de nitrógeno para los cultivos. Sin embargo, frecuentemente esta aplicación no es realizada en forma adecuada, atendiendo a las características del suelo y al estado de descomposición de los residuos orgánicos, lo que puede provocar una serie de daños en la salud del ecosistema, como la salinización de los suelos, la lixiviación de sustancias fitotóxicas y el escurrimiento de nitratos y fosfatos a mantos acuíferos y a cuerpos de agua superficiales. Una alternativa para la disminución del impacto ambiental del uso de estos desechos son el compostaje y el vermicompostaje, procesos que permiten la producción de materiales de interés agrícola y de comercialización viable: la composta y la vermicomposta, productos estables que pueden tener diversas aplicaciones de interés agrícola como abonos, enmiendas y sustratos orgánicos. La incorporación de dichos abonos orgánicos es una práctica que está cobrando cada vez más importancia por sus comprobados efectos benéficos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas.

Palabras clave: Materia orgánica, fertilidad del suelo, composta, vermicomposta.

Abstract

Some of the most important issues currently facing agriculture in general are erosion and loss of soil fertility. Traditionally, organic waste have been incorporated into agricultural soils to increase organic matter content and a source of nitrogen for crops. Often, however, this application is not properly made in response to soil characteristics and state of decomposition of organic waste, which can cause a range of damage to the ecosystem health, such as salinization of soils, phytotoxic substances leaching and runoff of nitrates and phosphates to aquifers and surface water. An alternative for reducing the environmental impact of the use of these wastes are composting and vermicomposting, a process that allows the production of agricultural materials and marketing viable: the compost and vermicompost, stable products that may have several interesting applications agricultural fertilizers, amendments and organic substrates. The incorporation of these organic fertilizers is a practice that is becoming more important because of their proven beneficial effects on physical, chemical and biological agricultural soils.

Keywords: Organic matter, soil fertility, compost, vermicompost.

"Los primeros 30 centímetros del suelo, separan al hombre del hambre"
Anónimo

Introducción

El desarrollo de la agricultura se ha regido por una producción cada vez más intensa, contribuyendo al uso indiscriminado de fertilizantes y otros productos químicos y de prácticas culturales que han propiciado la erosión, la pérdida de fertilidad y la contaminación del suelo, en menoscabo de la calidad de alimentos y de la calidad ambiental.

¹ Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Ciudad Universitaria s/n. Chihuahua, Chih., México C.P. 31310. Tel. (614) 4391844.

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

De acuerdo con estimaciones hechas por la FAO, debido a la desertificación, cada año dejan de ser productivas de seis a siete millones de hectáreas en el mundo, y a este ritmo, en menos de 200 años el hombre habrá agotado todos los suelos productivos del planeta (Becerra, 1998).

Para Lichtinger *et al.* (2000) la degradación del suelo y la consecuente reducción en la capacidad para proveer alimento para una población creciente, es un tema crítico cuando se considera la seguridad alimentaria del país. La importancia que tiene la evaluación de la degradación del suelo radica en que algunos aspectos de ésta, son reversibles a largo plazo, como la declinación de materia orgánica, o son irreversibles, como la erosión. Esencialmente los tomadores de decisiones de los sectores agropecuario, forestal y hasta ambiental, requieren balancear tres aspectos de la calidad del suelo, que son la fertilidad, la conservación de la calidad ambiental y la protección de la vida silvestre y la salud humana. El insuficiente diagnóstico, proveniente de las determinaciones analíticas del suelo, conlleva a errores en la selección y uso de agroquímicos, lo cual a su vez se traduce en problemas de nitrificación y eutroficación, así como en contaminación química de suelos y de los mantos acuíferos.

La inclinación de los productores a aplicar grandes cantidades de fertilizantes químicos, especialmente nitrogenados, para asegurar altos rendimientos de productos hortícolas de buena calidad es una iniciativa que puede ser sana desde la perspectiva económica, pero no deseable desde el punto de vista ambiental, pues a menudo, cantidades de nitrógeno y fósforo permanecen en el suelo después de las cosechas, pudiendo afectar la calidad del agua mediante la percolación y escurrentía de nitratos y fosfatos y la calidad del aire por emisión de óxido nitroso (Añez y Espinoza, 2003; Porta *et al.*, 1999). De hecho, la contaminación del agua del suelo con nitratos provenientes de los fertilizantes ha sido reconocida como una consecuencia ambientalmente seria en áreas de agricultura intensiva en muchas partes del mundo (Añez y Espinoza, 2003). La preocupación mundial por la concentración creciente de nitratos en las aguas para consumo humano se ha plasmado en normativas al respecto en muchos países y en especial en la Unión Europea

(Porta *et al.*, 1999).

México, en sus 196 millones de hectáreas, cuenta con riquezas naturales extraordinarias que presentan severos daños. Los suelos están degradados en un 64 %, principalmente por erosión hídrica y eólica, pero sufren también pérdida de nutrimentos, materia orgánica y organismos microscópicos del suelo, así como compactación, acidificación y otros procesos (Iniciativa de Ley para la Restauración y Conservación de las Tierras, 2003)

Dentro de los componentes del suelo, la materia orgánica reviste una significativa importancia, ya que imparte al suelo magníficos efectos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales se traducen en la capacidad productiva de los campos, por lo que su gestión dentro del agroecosistema será uno de los elementos más importantes a considerar para la consecución de la perdurabilidad de los sistemas productivos (Labrador, 2001). En suelos con alto nivel de materia orgánica se pueden lograr los máximos rendimientos alcanzados para la variedad, clima y manejo del cultivo. (Castellanos *et al.*, 2000).

Los aportes de materia orgánica al suelo resultan críticos para el mantenimiento de este componente y de la fertilidad del suelo a largo plazo. Los nutrientes contenidos en la materia orgánica (N, P, S, entre otros) se hallan en forma orgánica por lo que no son directamente asimilables por las plantas. Se requiere la acción microbiana para que las formas orgánicas de los nutrientes pasen a formas minerales que son las utilizadas en la biomasa de la planta (Porta *et al.*, 1999).

Por otro lado, hasta hace poco los desechos orgánicos han sido considerados como una fuente de contaminación y no se han valorado como el subproducto de la agricultura susceptible de originar abonos orgánicos de calidad (Martínez, 2004). Además, se han registrado problemas de fitotoxicidad, lixiviación de nitratos y contaminación de mantos acuíferos, debido al mal manejo de fuentes orgánicas al ser incorporadas al suelo sin un tratamiento previo (Romero, 2004).

La incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles, desechos agrícolas verdes y secos, compostas, vermicompostas, etc.) con fines

de biorremediación de suelos agrícolas, es una práctica que ha recuperado importancia en los últimos años a nivel mundial por diversas razones (Nieto-Garibay, 2002). Desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente. El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación. Como ya se dijo, las consecuencias directas de estos dos últimos eventos son la pérdida de la materia orgánica, pérdida de la fertilidad y la contaminación de los suelos, cuya producción agrícola puede también estar contaminada. Las consecuencias indirectas se reflejan en la afectación de la flora y fauna del ambiente aledaño al suelo dañado (Nieto-Garibay, 2002).

Para López *et al.* (2001) la composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y el efecto de los abonos orgánicos en los suelos varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 2000).

Dentro de la producción de abonos orgánicos, el compostaje es un proceso microbiológico que convierte residuos de materiales orgánicos en diferentes grados de descomposición en un producto estable e higiénico, que puede ser usado como un mejorador de suelo (Atlas y Bartha, 1997). El proceso de compostaje produce un material de interés agrícola y de comercialización viable: la composta, producto que puede tener diversas aplicaciones como abono, enmienda, sustrato o para la posterior obtención de extractos con probable actividad fungicida (Avilés y Tello, 2001).

Existen varios métodos de compostaje, los que usan pilas aireadas y lodos activados; aquellos que usan exclusivamente residuos vegetales; los que usan estiércoles, basuras urbanas y subproductos agroindustriales (Atlas y Bartha, 1997). El método más conocido fue desarrollado por Sir Albert Howard, que consiste en alternar capas de suelo, estiércol y residuos vegetales formando una pila. El material es volteado manualmente una o dos veces

por semana. Mediante este procedimiento la composta madurará, dependiendo del material empleado, la relación C/N y las condiciones ambientales de temperatura y humedad, en un lapso de 4 a 14 semanas (Romero, 2004).

Entre otras ventajas, el compostaje de estiércol permite la reutilización de residuos con la subsiguiente supresión de olores desagradables, y la mejora de las condiciones ambientales locales, además de la obtención de materiales orgánicos con un mejor aporte de nutrientes, lo que impacta positivamente sobre la calidad del cultivo y con altas poblaciones microbianas benéficas, lo que permite un incremento de la actividad biológica benéfica del suelo (Labrador, 2001).

El vermicompostaje logra transformar los desechos orgánicos en compuestos estables, por lo cual es considerado una forma de compostaje, en donde la lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) presenta mejores características de adaptación y producción (Santamaría-Romero *et al.* 2001; Soto y Muñoz, 2002 y Martínez *et al.*, 2002). Ferrera y Alarcón (2001) mencionaron que ambos procesos biotecnológicos son excelentes para elaborar abonos agrícolas y que en el caso de la vermicomposta, el material obtenido se considera enriquecido tanto química como biológicamente por la actividad de las lombrices y por la dinámica microbiana y bioquímica que se establece durante el proceso. Cuando las lombrices se alimentan de los residuos orgánicos, ingieren una amplia gama de materiales alimenticios, incluyendo bacterias, hongos, protozoarios y nematodos (Atiyeh *et al.*, 2000). Algunos autores establecieron que los patógenos no sobreviven a este proceso ya que las vermicompostas contienen enzimas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas e impiden la proliferación de organismos patógenos (Gajalakshmi *et al.*, 2001 y Nogales *et al.*, 2005).

El uso de los abonos orgánicos en la agricultura ha tenido buenos resultados, como:

1. Reducir el uso de fertilizantes químicos al incrementar las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio (Ochoa *et al.*, 2000; Hidalgo y Harkess, 2002).

2. Incrementar las poblaciones de los microorganismos presentes en el suelo, (Reyes *et al.*, 2000; Martínez, 2002; Heredia *et al.*, 2000; Arteaga *et al.*, 1999).

3. Mejora las condiciones físicas del suelo, en particular la estructura, considerada el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos (Castellanos, 2000).

4. Estabilización del pH e incremento de la capacidad de intercambio catiónico y degradación de residuos de plaguicidas (Soto y Muñoz, 2002).

5. En la producción intensiva de hortalizas, la calidad de los productos cosechados es igual y en algunos casos superior a las siembras convencionales (Martínez *et al.*, 2002).

6. Favorece la tasa de crecimiento de hojas y raíces y la formación de flores, frutos y semillas (Aranda, 2002)

7. Inoculante microbiano y un medio que favorece el enraizamiento y la germinación. (Aranda, 2002).

8. Se acorta la estancia de las plántulas en el vivero y se obtienen plántulas más vigorosas y desarrolladas (Machado y Hernández, 2000; Contreras *et al.*, 2002).

9. Reduce algunas enfermedades inducidas por hongos fitopatógenos (Zavaleta 2002).

10. Dosis de 20 % tanto en presencia como en ausencia de fertilizantes químicos ha resultado en una menor incidencia de plantas enfermas, así como en un incremento en la longitud de la planta y su contenido de clorofila (Zavaleta, 2002).

11. Obtención de productos orgánicos con diferentes características y efectos en la agricultura (Grenón *et al.*, 2002).

Por lo anterior, la agricultura actual demanda retomar con fuerza la producción, el uso y la aplicación de abonos orgánicos en sus diversas formas con todos los beneficios que ello conlleva y con las precauciones que la calidad de los procesos requieren.

Literatura Citada

- ÁÑEZ, B. y W. Espinoza. 2003. Respuesta de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica. *Revista Forest*, Venez.47 (2) p 73-82.
- ARANDA, D. E. 2002. Usos y aplicaciones de las lombricompostas en México. Lombricultura y abonos orgánicos. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio 2002. Facultad de Ciencias Agrícolas. UAEM. p 22-35.
- ATIYEH, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D. y W. Shuster. 2000. Effects of Vermicomposts and Composts on Plant Growth in Horticultural Container Media and Soil. *Pedobiologia*. Núm. 44. p. 579-590.
- ATLAS, R. M. y R. Bartha. 1997. *Microbial Ecology. Fundamentals and Applications*. 4 th ed. ISBN 0-8053-0655-2. p. 470-476.
- AVILÉS, G. M. y J. M. Tello. 2001. El Composteo de los residuos orgánicos, su relación con las enfermedades de las plantas. Agroecología y Desarrollo. Universidad de Extremadura, España. Ediciones Mundi Prensa. p. 185-214.
- ARTEAGA, O., L. Ojeda, C. Hernández, E. Brunet y W. Espinoza. 1999. Factibilidad de una agricultura sostenible y sus posibilidades en Cuba. 2do. Seminario Internacional de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. p 63-65
- BECERRA, M. A. 1998. Conservación del suelo y desarrollo sustentable, ¿Utopía o posibilidad en México? Departamento de Suelos Universidad Autónoma Chapingo, 56230 Chapingo, Estado de México. Aceptado: Abril de 1998. p. 1-7.
- CASTELLANOS, Uvalle-Bueno y Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de Suelo, Aguas agrícolas, Plantas y ECP. p 48-56
- FERRERA C. D. y A. Alarcón. 2001. La agricultura del suelo en la Agricultura Sostenible. *Ciencia Ergo Sum*, julio, volumen 8, número dos. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca México. ISSN 1405-0269. p. 175-183.
- GRENON C. G. N., C. R. Serrano y M. L. Solís. 2002. Evaluación Química del producto final de lombricomposteo de residuos hortícolas y estiércol por *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio. Facultad de Ciencias Agrícolas. UAEM. p. 106-107.
- HEREDIA, C., G. Losuamo, G. D'Acosta, E. Lorente y A. Cuesta. 2000. Nuevo Biofertilizante de uso Foliar para la Agricultura. 2da. Convención Internacional de Educación Superior. Editorial "Felix Varela". Universidad Agraria de la Habana, Cuba. p 36.
- HIDALGO P. R. y R. L. Harkess. 2002. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio. Facultad de Ciencias Agrícolas. UAEM. p 108
- GAJALAKSHMI, S., E. V. Ramasamy, y S. A. Abbasi. 2001. Potential of two epigenic and two anelid earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. *Biores. Technology*. Núm. 76. p. 177-181.
- CÁMARA DE DIPUTADOS. LIX LEGISLATURA. Iniciativa de Ley para la Restauración y Conservación de las Tierras. Comisión de Desarrollo Rural, Comisión de Agricultura y Ganadería, Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Palacio Legislativo, 23 de octubre. México.
- LABRADOR, M. J., 2001. La materia orgánica en los agroecosistemas. Grupo Mundi-Prensa. España. p 11-13, 124, 169-171, 174, 177-178.
- LICHTINGER, V., F. Székely, A. Fernández y R. Ríos. 2000. Indicadores para la Evaluación del Desempeño. Reporte Ambiental 2000. INEGI. p. 55-71.

- LÓPEZ, M. J. D., A. Díaz E., E. Martínez R., R. D. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Universidad Autónoma de Chapingo. *TERRA Latinoamericana*. 19 (4): p 293 - 299.
- MARTÍN, A. N. J., 2002. Respuesta del Cultivo del Maíz ante la Aplicación de Enmiendas Orgánicas y Químicas en un Suelo Oxisol. 2da. Convención Internacional de Educación Superior. Editorial "Felix Varela". Universidad Agraria de La Habana, Cuba. p 18
- MARTÍNEZ, C. C. 2004. Lombricultura y abonos orgánicos. Memorias III Curso Teórico-práctico. Lombricultura técnica mexicana. SOMELAO. Guadalajara, Jal. Del 8 al 10 de marzo. p 11-12, 21
- MARTÍNEZ, C. C., C. Martínez y A.N. Méndez. 2002. Utilización de la lombricomposta en la producción de hortalizas ecológicas. Lombricultura y abonos orgánicos. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio. Facultad de Ciencias Agrícolas. UAEM. p 140-142
- MARTÍNEZ, T. M. A. 2004. Manejo de alimentos frescos no procesados. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. p 1
- NIETO-GARIBAY, A., B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larimaga-Mayoral y J.L. García-Hernández. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*. ISSN: 0378-1844. Venezuela. 27 (8) p 417 -421.
- NOGALES, R., C. Cifuentes y E. Benítez. 2005. Vermicomposting of winery wastes: a laboratory study. *Journal of Enviromental Science and Health Part B*. ISSN: 6360 1234. p. 659- 673.
- OCHOA, M., C. Bustamante y R. Rivero. 2000. Utilización de fuentes de abonos orgánicos en combinación con fertilizante mineral (NPK) para la producción de posturas de *Coffea arábica* L. 2da. Convención Internacional de Educación Superior. Editorial "Felix Varela". Universidad Agraria de La Habana, Cuba., p 7.
- PORTA, C. J., R. M. López-Acevedo y L. C. Roquero. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. México. p 183-184, 778-787.
- REYES, H. A., S. A. Manes y G. M. Gessa. 2000. Efecto de la aplicación del residuo sólido del despulpe del café sobre las propiedades de un suelo. 2da. Convención Internacional de Educación Superior. Editorial "Felix Varela". Universidad Agraria de La Habana, Cuba. p 8
- ROMERO, L.M. 2004. Agricultura orgánica, elaboración y aplicación de abonos orgánicos. Memorias III Curso Teórico-práctico. *Lombricultura técnica mexicana*. SOMELAO. Guadalajara, Jal. Del 8 al 10 de marzo.
- SANTAMARÍA-ROMMERO, S., Ferrera C. R., Almaraz S. J., Galvis S. A. y B. I. Barois. 2001. Dinámica y Relaciones de Microorganismos, C- Orgánico y N-Total durante el Composteo y Vermicomposteo. *Agrociencia*, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 35 (4); p. 377-384.
- SOTO, G. y C. Muñoz. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el *compost*, y su empleo en la agricultura. Manejo integrado de plagas y Agroecología. Sección Agricultura Orgánica. *Agricultura Ecológica* CATIE, Turrialba. Costa Rica. No. 65. p. 123-125
- ZAVALETA, M.E., 2002. Abonos orgánicos para el manejo de fitopatógenos con origen en el suelo. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio. Facultad de Ciencias Agrícolas. UAEM., p 38-45.

Este artículo es citado así:

Hernández-Rodríguez, O. A., D. L. Ojeda-Barríos, J. C. López-Díaz y A. M. Arras-Vota. 2010: *Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 4(1): 1-6.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA-BARRIOS. Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo su Doctorado y Maestría en la Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro», su Licenciatura en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente conduce investigaciones sobre desórdenes nutricionales en frutales caducifolios. Imparte los cursos de Nutrición Vegetal, Fisiología Vegetal y Anatomía Vegetal. Asesora de estudiantes de posgrado y licenciatura. Es responsable del área de Fisiología y Nutrición Vegetal con énfasis en Frutales Caducifolios en los cultivos de manzano y nogal pecanero en el Laboratorio de Bioquímica Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-UACH.

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

JULIO CÉSAR LÓPEZ DÍAZ. Terminó su licenciatura en 1984, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Fruticultor por la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola en 1992 por la Universidad Autónoma de Chihuahua y cursó un segundo programa de maestría en Estados Unidos, obteniendo el grado de Master of Business Administration por la Universidad Estatal de Sul Ross en 2000. Desde 1985 labora en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (antes Facultad de Fruticultura) de la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Su área de especialización es en Manejo de Frutales de Clima Templado y Administración Estratégica. Es autor de aproximadamente 15 artículos científicos, más de 30 ponencias en congresos, y 3 capítulos de libros científicos. Además, ha impartido 25 conferencias por invitación y ha dirigido 5 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de programas educativos del área agropecuaria en los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) y Líder Sectorial en Frutas Templadas en AGROPROSPECTA (Red Mexicana de Investigación en Política Agroalimentaria).

ANA MARÍA DE GUADALUPE ARRAS VOTA cursó la licenciatura en Ciencias de la Comunicación en el Instituto de Estudios Superiores de Occidente. La Maestría en Administración en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua y el Doctorado en Ciencias de la Administración en la Universidad Nacional Autónoma de México. Académica titular e investigadora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Chihuahua, donde funge como líder del Cuerpo Académico Administración Agrotecnológica y Bioética. Además, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, en el área de Economía. Actualmente, tiene reconocimiento nacional como perfil PROMEP. Como parte de su labor dirige tesis de licenciatura, maestría y doctorado, actualmente apoya la docencia en esos tres niveles. La línea de investigación que cultiva es: Administración, bioética, tecnología y educación en el sector agrícola. Entre sus actividades de difusión destaca la autoría del libro *Comunicación organizacional* y la coautoría de los libros *Lenguaje y Comunicación*, *La administración y su aplicación a empresas agropecuarias*, así como de varios capítulos de libros (*Dimensiones de la cultura*, *La tecnología educativa, paradigma de la posmodernidad*, *Metodología de la investigación cualitativa*, *Justificación, objetivos, antecedentes, delimitación y planteamiento: componentes del problema*, *Las dimensiones de la investigación cuantitativa*, *Responsabilidad social en las organizaciones* y *Cultura ecológica: eje indispensable en los programas educativos de las licenciaturas en agronegocios*). También ha presentado el fruto de su trabajo en diversos congresos nacionales e internacionales, así como en artículos en revistas arbitradas e indexadas.

Color de la manzana 'Red Delicious' bajo malla antigranizo en México

'Red Delicious' apple fruit color under hail nets in Mexico

VÍCTOR MANUEL GUERRERO-PRIETO^{1,5}, PASCUAL ROA-SOLÍS², RAUL CHACÓN-BLANCO³, JORGE ALFONSO JIMÉNEZ-CASTRO⁴, ESTEBAN SÁNCHEZ-CHÁVEZ⁵

Recibido: Enero 02, 2009

Aceptado: Mayo 19, 2009

Resumen

El cultivar de manzana 'Red Delicious' fue sometido a dos diferentes tratamientos de sombreado, al momento del amarre de fruto inicial, con malla antigranizo color negro, color blanco y sin malla como testigo. Los frutos fueron muestreados en los lados con mayor y menor iluminación solar, sur y norte, respectivamente. Se tomaron dos muestras de la parte externa de las orientaciones sur y norte. Los muestreos fueron realizados durante los meses de julio, agosto y septiembre de 1999. Se realizaron mediciones de color utilizando un colorímetro, con los parámetros L y °h. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del color de la malla antigranizo en el desarrollo del color de los frutos en el cultivar de manzana 'Red Delicious' en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Los valores de Hue, 0.65° para la manzana bajo malla negra, 0.59° para manzana sin malla y de 0.50° para manzana bajo malla blanca, fueron estadísticamente iguales en la última fecha de muestreo y en todos los muestreos, lo que indican que ninguno de los tratamientos de sombreado utilizados afectaron al desarrollo del color rojo de los frutos.

Palabras Clave: color fruto, luz solar incidente, *Malus domestica*.

Abstract

'Red Delicious' apple cultivar was grown under two different shading treatments, at initial fruit set stage, by using black and white color hail nets and no nets as a control. Fruit were sampled on the most and least sun light illuminated tree sides, south and north, respectively. Two samples were taken from the outside tree canopy, south and north orientations. Samples were done during July, August and September, 1999. Fruit color measurements were done by using a colorimeter, using the L and °h color coordinates. Objective for this study was to evaluate the effect of hail net color on the 'Red Delicious' apple fruit development in Cuauhtémoc, Chihuahua, México region. Hue values for fruit under black hail net was 0.65°, 0.59° for fruit with no nets over it, and 0.50° for fruit under white hail net, were statistically equal on the last sample date, as for all the dates sampled, which indicates that none of the shading treatments used affected red fruit color development.

Key words: fruit color, incident solar light, *Malus domestica*.

Introducción

La producción de manzana (*Malus domestica* Borkh) en el estado de Chihuahua, México es de gran importancia por la cantidad en toneladas que se produce y la calidad comercial de la fruta. Cuauhtémoc, Chihuahua, es el centro de la región productora de manzana en el estado, y la más importante del país. Los cultivares de mayor importancia en la región son los integrantes del grupo 'Red Delicious', 'Golden Delicious' y 'Rome Beauty'.

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N. Parque Industrial. C. P. 31570. Apdo. Postal 781. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua. México.

² Estudiante tesista de licenciatura, en el CIAD A. C., Cuauhtémoc, Chih. Apdo. Postal # 781 Av. Río Conchos s/n, Cd. Cuauhtémoc, Chih. 31570.

³ Estudiante de Doctorado en el CIADA. C., Cuauhtémoc, Chih. Apdo. Postal # 781 Av. Río Conchos s/n, Cd. Cuauhtémoc, Chih. 31570.

⁴ Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus Chihuahua

⁵ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Delicias. Av. 4ª Sur N° 3820. Delicias, Chihuahua. México.

⁵ Dirección electrónica del autor de correspondencia: vguerrero51@ciad.mx

Dentro del grupo 'Red Delicious', el cultivar 'Red Delicious', es uno de los que mayor importancia tiene por el número de hectáreas plantadas. Cuando la fruta es vendida en el mercado, las características de color son de gran importancia en la manzana, puesto que influyen directamente en la aceptación o rechazo del consumidor, y por lo tanto, inciden en su valor comercial. Debido a las características climáticas de la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, los productores de manzana se ven obligados a utilizar mallas antigranizo para proteger al fruto de daños durante el ciclo de crecimiento del mismo. La mayoría de las mallas son de color negro, lo cual reduce la cantidad de luz solar incidente y esto puede tener un impacto negativo en el desarrollo y en el color final del fruto.

Diversos investigadores han enfatizado el importante papel que juega la distribución de la luz solar dentro del dosel, su impacto sobre el color, y por lo tanto, en la calidad del fruto, lo cual afectará también el crecimiento y desarrollo del mismo, y finalmente, el rendimiento de la cosecha (Seeley *et al.*, 1980). En Chihuahua, la malla antigranizo se introdujo en los huertos de manzana para reducir las pérdidas de fruta causadas por el granizo, sin embargo, se encontró que el empleo de mallas de color negro también producen sombreado, aunque no se ha cuantificado su efecto sobre el color del fruto (Herrera, 1984). Ferree (1989) comenta que la luz incidente del estrato superior al inferior de la copa, presenta una reducción en su penetración, afectando la coloración de las zonas de fructificación, además de una disminución en la eficiencia productiva del manzano.

Guerrero *et al.* (2002), encontraron que el color rojo de la fruta de 'RedChief Delicious' disminuyó en los árboles bajo malla antigranizo de color negro. Romo *et al.* (2007), en manzana 'Starkrimson', encontraron que hay una mejoría en el desarrollo del color rojo de la manzana en el estrato superior y exterior del dosel. La aceptación y preferencia de una variedad de

manzana ha ido en aumento gracias al mejoramiento de la intensidad del color rojo y sabor, ambas características consideradas como criterios de calidad buscadas para satisfacer las preferencias del mercado (Kikuchi *et al.*, 1997).

La importancia comercial del color rojo del fruto es claramente evidenciada por la cantidad de cultivares 'Delicious', introducidos en las regiones manzaneras (Singha *et al.*, 1989) y por los estudios encaminados a establecer las bases genéticas, fisiológicas y culturales del color de la manzana (Dayton, 1960). Singha *et al.*, (1989) han enfatizado que el color rojo del fruto es influenciado por factores ambientales (luz, temperatura), genéticos (diferencias varietales expresadas a través de la síntesis y distribución de pigmentos) y prácticas culturales (podas, densidad de plantación y diseño del huerto). No obstante, algunos cultivares del grupo 'Delicious', como 'Starkrimson', son capaces de producir altas concentraciones de antocianinas, aún en el lado sombreado del fruto, desarrollando un color rojo intenso aún con poca penetración de luz (Dayton, 1960). Algunos investigadores han observado que la intensidad del color rojo varía por el tipo de cultivar, así como en la etapa en que se realiza la cosecha (Iglesias *et al.*, 1999). La luz es el factor ambiental que más afecta la coloración roja, por ciento de sólidos solubles y peso (Campbell *et al.*, 1992a, 1992b). Faragher (1983) reporta que la luz, en conjunto con la temperatura y la maduración, regula la acumulación de las antocianinas en la epidermis del manzano, representando un papel dominante en el desarrollo del color rojo.

El volumen de la demanda de variedades de manzana roja depende de la calidad de la fruta, siendo el desarrollo del color uno de los criterios determinantes para su comercialización. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del color de la malla antigranizo, blanca y negra, en el desarrollo y color final de los frutos del cultivar de manzana 'Red Delicious', en Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Materiales y métodos

El presente experimento se realizó en el cultivar de manzana 'Red Delicious', el cual fue sometido a tratamientos de sombreado con malla antigranizo de color negro, color blanco y sin malla como testigo. Los árboles de este cultivar se encuentran ubicados en una huerta comercial en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México, la radiación solar promedio anual en la región y huerta utilizada es de 2,000 mE m⁻²s⁻¹ (Guerrero *et al.*, 2002; Romo *et al.*, 2007).

El muestreo se realizó durante el ciclo de cultivo 1999, en seis fechas entre los meses de julio a septiembre; 13, 20, 29 de julio; 17, 25 de agosto y 8 de septiembre, ya que es el periodo en el que se presenta el desarrollo del color en la fruta y el color final de la misma a la cosecha. Cada árbol se dividió en dos orientaciones, el lado con más iluminación solar, sur, y el lado con menor iluminación solar, norte. Se tomaron dos frutos por cada orientación de la parte externa del árbol para formar una muestra única. Los frutos se cosecharon entre las 6:00 y 7:00 horas, se colocaron en bolsas de plástico en grupos de dos frutos debidamente etiquetados y se transportaron a 4 °C al laboratorio donde se realizó la medición del color en los mismos. Estas mediciones se realizaron en un punto medio del fruto y la media de los valores se estimó a partir de los datos registrados en ambas caras de las manzanas. El color de las manzanas se determinó con un colorímetro Tri estímulo, Minolta Chroma Meter CR-300 (Minolta Co, Osaka, Japón), evaluándose las coordenadas Tri cromáticas L, a*, y b*; propuestas por la Commission Internationale d'Eclairage (CIE, 1976). El colorímetro se calibró en condiciones del iluminante C (6774k) con un blanco estándar (Y = 93.2; x = 0.3133; y = 0.3192).

En cada muestreo, el color se determinó situando la ventana de medición del colorímetro de 8 mm de diámetro en el punto medio del

cáliz, y la zona peduncular del fruto en ambas caras del mismo, la cara más expuesta a la luz y la cara sombreada, separadas por 180°. Se realizó un análisis del color y los datos obtenidos se promediaron posteriormente obteniéndose un valor medio de L, a*, y b*. Con estos valores se calculó el valor del tono mediante la fórmula $\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$. Los valores de L no fueron transformados.

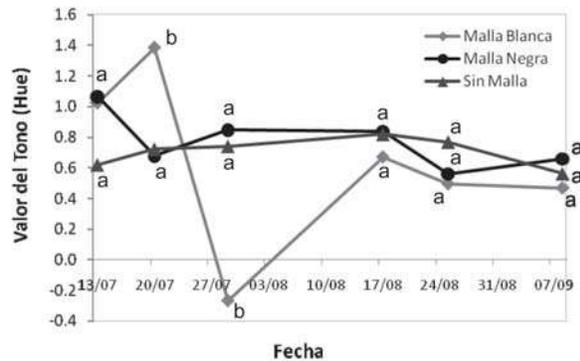
Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante un modelo lineal mixto con Proc mixed de SAS, tomando como variable de respuesta el valor del tono Hue (° h) en cada una de las seis fechas analizadas y como variables independientes el cultivar de manzana, el tipo de malla utilizado, el árbol de donde se tomó el fruto y la orientación del árbol. En donde el efecto del árbol fue tomado como un efecto aleatorio anidado dentro de variedad y malla.

Resultados y discusión

Se detectó un efecto significativo de la interacción de los factores de la fecha, el cultivar y la malla ($p < 0.05$), sin embargo, en el análisis detallado de la interacción (Figura 1), se determinó que sólo se presentaron diferencias significativas de tono (Hue) entre fechas, los valores de tono se redujeron con el tiempo. Valores de tono cercanos al cero significan tonos más rojos en el fruto, es decir la diferencia en el tono se debió al incremento en la madurez, de manera obvia, conforme los frutos maduraron, el color fue más rojo. La interacción con el tipo de malla se dio debido a que se presentaron diferencias significativas entre fechas, pudiéndose observar que este efecto fue debido a la fecha y no al tipo de malla. El desarrollo del color rojo se dio de manera similar en comparación con los frutos que no tenían malla, esto es indicativo de que ni el color, ni la presencia de la malla antigranizo tiene un efecto sobre el desarrollo y color final en las manzanas del cultivar analizado.

Figura 1. Valores de tono (Hue), en diferentes fechas, para el cultivar 'Red Delicious'.



Literales diferentes indican valores significativamente diferentes, la significancia mostrada es dentro de cada fecha analizada.

Conclusiones

Los resultados encontrados en este estudio, indican que a pesar de que la malla antigranizo de diferente color reduce la luz solar incidente, esto no tuvo un efecto significativo sobre el desarrollo y color final en los frutos del cultivar evaluado.

Literatura citada

CAMPELL, R.J., R.P. Marini 1992a. Instantaneous light measurements predict relative light levels within an apple canopy. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 p. 675-684.

- CAMPELL, R.J., R.P. Marini 1992b. Light environment and time of harvest affect delicious apple fruit quality characteristics. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 p. 551-557.
- CIE, 1976. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. Supplement 2, CIE, Plub.15(E-1.3.1), Bureau Centrale de la commission Internationale de l' Eclairage, Paris.
- DAYTON, D. F. 1960. Red color distribution in apple skin. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74:72-81.
- FARAGHER, J.D. 1983. Temperature regulation of anthocyanin accumulation in apple skin. *Journal of Experimental Botany* 34: 1291-1298.
- FERREE, D. C. 1989. Influence of orchard management systems on spur quality, light, and fruit within the canopy of "Golden Delicious" apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 869-875.
- GUERRERO, V. M., J.A. Orozco, A. Romo., A. A. Gardea, F. J. Molina, B. Sastre and J.J. Martínez. The effect of hail nets and Ethephon on color development of 'Redchief Delicious' apple fruit in the highlands of Chihuahua, México. *J. Amer. Pomological Soc.* 56(3):132-135.2002.
- HERRERA E. 1984. Hail protection screens. *HortScience* 19(1):2
- IGLESIAS, I., J. Graell, G. Echeverría, y M. Vendrell, 1999. Differences in fruit color development, anthocyanin content, yield and quality of seven delicious apple strains. *Fruit Varieties Journal.* 53:133-145.
- KIKUCHI, T., O. Arakawa y R.N. North, 1997. Improving skin color of Fuji apple in Japan. *Fruit Varieties Journal* 51:71-75.
- ROMO CHACÓN, A., J. A. Orozco Avitia, A. A. Gardea, V. Guerrero Prieto and J. M. Soto Parra. 2007. Hail Net Effect on Photosynthetic Rate and Fruit Color Development of 'Starkrimson' Apple Trees. *Journal of the American Pomological Society.* 61(4):174-178.
- SAS. 2002. Statistics Program Version 9 Copyright (c) 2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SEELEY, E.J.W., C. Mickey, y R. Kammerreck, 1980. Delicious apples fruit size and quality as influenced by radiant flux density in the immediate growing environment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:645-647.
- SINGHA, S., T.A. Braugher and E. Townsend, 1989. In situ measurements of fruit color development in six Red Delicious strains. *HortScience* V. 24 ABS. ④

Este artículo es citado así:

Guerrero-Prieto V. M., P. Roa-Solís, R.Chacón-Blanco, J. A. Jiménez-Castro y E. Sánchez-Chávez. 2010: *Color de la manzana 'Red Delicious' bajo Malla Antigranizo en México. TECNOCIENCIA Chihuahua* 4(1): 7-11.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

VÍCTOR MANUEL GUERRERO PRIETO. Terminó su licenciatura en 1975, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Fruticultor por la ahora Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en los Estados Unidos de Norteamérica, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Horticultura en 1984 por la Oregon State University, en Corvallis, Oregon y el grado de Doctor en Filosofía en el área de agronomía en 1995 por la New Mexico State University, Las Cruces, N. M. EUA. Desde 1997 labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Unidad Cuauhtémoc, Chih., y posee la categoría de Investigador Titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 (candidato 1986-1990; Nivel 1 2002-2013). Su área de especialización es la de fisiología de poscosecha y control biológico de enfermedades en poscosecha. Ha dirigido 12 tesis de licenciatura, 5 de maestría y 3 de doctorado. Es coautor de un libro y de dos capítulos de libro. Es autor de aproximadamente 29 artículos científicos, más de 70 ponencias en congresos; además ha impartido conferencias por invitación y ha dirigido 16 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua, es revisor del seguimiento de los Fondos sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es árbitro de varias revistas científicas de circulación internacional.

ESTEBAN SÁNCHEZ CHÁVEZ. Realizó sus estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo (Chapingo), obteniendo en 1992 el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia. Terminó su programa de maestría en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), otorgándosele en 1996 el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Productividad Frutícola. En el año de 2006, recibió el grado de Doctor en Ciencias especialidad Fisiología Vegetal por la Universidad de Granada (España). Actualmente es Investigador Titular y Coordinador del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) Unidad Delicias-Chihuahua, es miembro de comités editoriales de varias revistas y ha sido distinguido por el Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT (S.N.I.) como Investigador Nacional Nivel 2; su productividad científica ha sido muy prolífica, ya que incluye la publicación de artículos científicos, libros, capítulos de libros, participación como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales. Las principales áreas de su investigación son: fisiología del estrés en plantas, nutrición vegetal y fisiología postcosecha.

RAÚL CHACÓN BLANCO. Terminó su licenciatura en 1994, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Industrial en producción por el Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtémoc (ITCC). Realizó su posgrado en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) donde obtuvo el grado de Maestro Profesional en Estadística Aplicada en el año 2006, actualmente es Candidato a Doctor en Ciencias del programa de doctorado en ciencia y tecnología de alimentos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) Unidad Cuauhtémoc en donde su área de investigación es la Evaluación Sensorial de Alimentos.

JORGE ALFONSO JIMÉNEZ CASTRO. Realizó estudios como Ingeniero Zootecnista. (1978) en la Facultad de Zootecnia y Ecología (UACH). Efectuó estudios de Postgrado en Maestría en Ciencias (1985) en el Centro de estadística y cálculo del Colegio de Postgraduados en Montecillos, Estado de Mexico. El grado de Doctor of Philosophy (1992) lo obtuvo en el Department of Applied Statistics of The University of Reading, Fue profesor de tiempo completo (ATC) 15 - sept. - 1976 al 15 de sept -2006 en la Facultad de Zootecnia, UACH. Ha dado 12 cursos de capacitación a profesores en diferentes universidades del país, y 6 cursos de capacitación en la iniciativa privada. Es colaborador en 12 artículos científicos y asesor estadístico de 35 tesis de nivel maestría y 22 de nivel doctorado.

Eficiencia de las pruebas discriminatorias para reportar diferencias cuando se utilizan consumidores ecuatorianos

Efficiency of discrimination tests on ecuadorian consumers to find out differences

YAMILA ÁLVAREZ-COUREAUX^{1,4}, JUAN ESTEBAN DÍAZ-LEIVA²,
ANGÉLICA TUTASI-LOZADA² Y ADA MANRESA-GONZÁLEZ³

Recibido: Febrero 11, 2010

Aceptado: Marzo 23, 2010

Resumen

En las pruebas de diferencia el desempeño de los jueces varía en función de la prueba utilizada. Pilsener y Brahma, dos cervezas producidas en el Ecuador, fueron utilizadas como estímulos en el estudio. Un grupo de 121 consumidores realizaron las cuatro pruebas de diferenciación: dúo-trío, triangular, igual-diferente y ABX. El objetivo de este artículo fue evaluar la eficacia de las pruebas de diferencia en consumidores ecuatorianos. Los datos fueron analizados por la metodología tradicional y mediante la aplicación del modelo thurstoniano. El ensayo ABX obtuvo el mayor número de aciertos (76), seguida por la dúo-trío, igual-diferente y finalmente la triangular. Se encontró diferencia significativa para todas las pruebas ($\alpha= 0.05$). El análisis de la frecuencia de aciertos de cada juez reveló que sólo ocho evaluadores acertaron en los cuatro ensayos empleados. La prueba ABX tuvo la mayor magnitud percibida en los estímulos confusibles, con un valor d' de 1,32. El análisis a partir del modelo de Thurstone brindó la posibilidad de comparar las cuatro pruebas a partir de los d' obtenidos, esta es una medida fundamental e independiente de la metodología sensorial utilizada.

Palabras claves: Análisis sensorial, pruebas discriminatorias, modelo Thurstoniano.

Abstract

In discrimination tests the performance of judges varies depending on the test used. Brahma and Pilsener, two beers produced in Ecuador, were used as stimuli in the study. A group of 121 consumers conducted four discrimination tests: duo-trio, triangle, same-different and ABX. The purpose of this paper was to evaluate the efficacy of sensory discrimination tests on ecuadorian consumers. The data were analyzed by the traditional methodology and by applying the Thurstonian model. The ABX test achieved the highest number of hits (76), followed by the duo-trio, same-different and finally the triangular. All tests were significantly different ($\alpha= 0.05$). The analysis of the frequency of hits of each panelist revealed that only eight evaluators answered correctly in the four tests used. The ABX test had the highest perceived magnitude confusable stimuli, with a value d' of 1.32. The analysis from Thurstone model provided an opportunity to compare the four tests from d' obtained, which is a fundamental and independent measurement in sensory methodology applied.

Key words: Sensory evaluation, discrimination tests, Thurstonian model.

¹ Instituto de Evaluación Sensorial de Alimentos (INESA) y profesora del Colegio de Agricultura Alimentos y Nutrición (CAAN). Universidad San Francisco de Quito. Diego de Robles s/n. Círculo de Cumbayá. Quito. Ecuador. Tel. (593) 2 2971700. Casilla Postal 17-12-841.

² Estudiantes egresados de Ingeniería de Alimentos del Colegio de Agricultura Alimentos y Nutrición de la Universidad San Francisco de Quito.

³ Instituto de Farmacia y Alimentos. (IFAL). Universidad de La Habana, Cuba.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: yalvarez@usfq.edu.ec

Introducción

En las pruebas de diferencia el desempeño de los jueces varía en función de la prueba utilizada (Angulo y O'Mahony, 2009a). Para indicar la significación estadística en el desempeño de un juez, es decir, si su desempeño es estadísticamente mejor que el aleatorio, se aplica el análisis binomial (Angulo y O'Mahony, 2009b). Tradicionalmente en Ecuador las pruebas discriminatorias no son empleadas en los estudios con consumidores, siendo los catadores los protagonistas en este tipo de ensayos.

Si se desea determinar la magnitud de la diferencia percibida entre el par de estímulos evaluados, entonces la Teoría de Detección de Señales y el modelo Thurstoniano permiten estimar la magnitud de la diferencia a través del parámetro d' (Thurstone, 1927a, b; Green y Swets, 1966; Alfaro *et al.*, 2007).

Las pruebas discriminatorias, en general, presentan cierta similitud que se manifiesta en que el catador debe emitir un juicio forzado, y en el manejo estadístico de los datos mediante el estadístico binomial (Carpenter *et al.*, 2002). Este último aspecto ha sido modificado bajo el modelo Thurstoniano, ya que el enfoque binomial no toma en cuenta la variabilidad en la percepción de los evaluadores (Frijters, 1982).

El modelo Thurstoniano y la Teoría de Detección de Señales se han aplicado a pruebas de diferencia sensorial y han suministrado una medida fundamental del grado de diferencia entre dos estímulos (d'). Estos modelos fueron aplicados primero a la prueba 2-AFC, (por sus siglas en inglés, Forced Choice 2-Alternative), a la triangular y a la dúo-trío; ellos han sido utilizados en la confección de las tablas para la determinación de los d' correspondientes a las proporciones de respuestas correctas para todos los procedimientos discriminativos de respuesta forzada. Además, el modelo Thurstoniano ha facilitado la comparación de métodos sensoriales entre sí, a través de d' , lo cual no es posible realizar sin tener en cuenta esta medida (Hacker y Ratcliff, 1979; Frijters *et al.*, 1980; Frijters, 1982; Ennis, 1990; Ennis, 1993; O'Mahony y Rousseaux, 2002).

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 pueden alcanzar por lo que permite distinguir dos conceptos: la detección objetiva del estímulo y el criterio de decisión que adopta el juez en un momento dado (Green y Swets, 1966).

El acercamiento esencial entre el modelo Thurstoniano y la Teoría de Detección de Señales es reconocer la naturaleza probabilística de los datos sensoriales. En una prueba de diferencia, se consideran dos distribuciones de la intensidad percibida asociadas a los estímulos que van a ser discriminados (O'Mahony *et al.*, 1994). Atendiendo a estos antecedentes, el objetivo de este artículo fue evaluar la eficacia de las pruebas de diferencia en consumidores ecuatorianos.

Materiales y métodos

Evaluadores. En el estudio participaron 121 adultos (F 43 y M 78), entre 18 y 56 años de edad, de la ciudad de Quito, Ecuador. Todos los participantes eran, en el momento del estudio, consumidores de cervezas al menos una vez por mes.

Estímulos. Se evaluaron dos marcas comerciales de cerveza ecuatorianas: «Pilsener» producida por Cervecería Nacional 'CN' S.A., Ecuador, y «Brahma» por cervecería AmBev, Ecuador S.A.; las muestras fueron servidas en vasos de poliestireno de seis onzas producidos por Plásticos Ecuador S. A., Guayaquil.

Procedimiento. Cada consumidor realizó cuatro pruebas de diferencia: la prueba

triangular, dúo-trío, ABX e igual diferente. Todos los consumidores realizaron la cata en un área de prueba con cuatro estaciones, cada una asociada a una de las pruebas. Los consumidores rotaron por las cuatro estaciones. El orden de prueba fue balanceado entre los jueces. Al arribar a una estación el consumidor tomó asiento y se le presentaron las dos cervezas codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Un guía del Instituto de Evaluación Sensorial de Alimentos, explicó el procedimiento de la prueba, después de haber tomado los datos demográficos. Una vez que el consumidor entendió las instrucciones, se procedió a realizar la prueba de diferencia correspondiente. Los resultados fueron recolectados en una hoja de respuestas. El conductor confirmó verbalmente las respuestas con el consumidor. Una vez completada la prueba, el consumidor continuó a la siguiente estación de trabajo. Se solicitó a los consumidores diferenciar entre los estímulos atendiendo a la prueba en cuestión; la prueba triangular y dúo-trío fueron aplicadas según la norma ISO 4120:2004 e ISO 10399:2004 respectivamente. La versión corta de la prueba igual diferente fue empleada; se presentó un único par de muestras a cada evaluador en las siguientes combinaciones: A/B o A/A o B/B. La A/B (Pilsener y Brahma) fue evaluada por 40 consumidores, la A/A (Pilsener/Pilsener) por 41 evaluadores y B/B, (Brahma/Brahma) por 40 de ellos. El cuestionario constaba de dos preguntas:

1. ¿Las muestras son iguales o diferentes?
2. ¿Estás seguro o no estás seguro de tu respuesta?

Los datos se recolectaron en cuatro categorías: (como se reporta en el Cuadro 3)

- Diferentes seguro.
- Diferentes no seguro.
- Iguales seguro.
- Iguales no seguro.

No se empleó la versión larga (ASTM E 2262-03) para esta prueba, ya que podía

favorecer la fatiga del evaluador que debía degustar, sólo para esta prueba, dos pares de muestras (A/B y A/A).

En el ensayo ABX (Huang y Lawless, 1998), 61 consumidores degustaron el arreglo donde Pilsener fue la incógnita (muestra X) y 60 evaluadores cuando lo fue Brahma, para un total de 121.

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las siguientes disposiciones en el diseño del protocolo de investigación:

1. El juez fue forzado a emitir una respuesta en cada prueba evaluada.
2. Por las características de las pruebas de diferencia y su aplicación en consumidores, se seleccionó a los candidatos con mayor frecuencia de consumo.
3. El orden en que el juez realizó las pruebas fue balanceado teniendo en cuenta la prueba y el diseño propio de cada estudio.
4. Cada consumidor realizó las pruebas discriminatorias espaciadas en 15 minutos aproximadamente, para minimizar el efecto de la fatiga y de la adaptación.
5. La prueba igual-diferente incluyó ambos estímulos como muestras placebos, con diferentes grados de certidumbre.
6. Las muestras de cervezas (30-35 ml) fueron dispensados bajo condiciones controladas garantizando la temperatura entre 4 y 6 °C, la homogeneidad del producto, así como la formación de la espuma.

Procesamiento estadístico

Los datos de las pruebas fueron analizados por los métodos tradicionales referidos en las normas de la International Organization for Standardization: ISO 4120:2004, ISO 10399:2004, ISO 5495:2005, ISO 6658:2005. Además se realizó el análisis de la magnitud estimada de la diferencia entre pares de muestras (d') y la desviación estándar a partir de lo descrito en la norma ASTM:E2262 del 2003.

Resultados y discusión

Análisis de resultados de las pruebas de diferencia desde la perspectiva tradicional. Los resultados generales de la diferenciación de los estímulos cervezas realizada por los consumidores se muestran en el Cuadro 1. Desde la perspectiva de la Evaluación Sensorial tradicional, se observa que a los jueces consumidores les fue posible establecer diferencias entre las cervezas Pilsener y Brahma.

Cuadro 1. Resultados generales para las cuatro pruebas de diferenciación.

| Prueba | Total de aciertos* | Valor tabulado ($\alpha=0.05$) | Jueces (N) |
|-----------------|--------------------|----------------------------------|------------|
| Triangular | 52 | 51 | 121 |
| Dúo-trío | 72 | 70 | |
| ABX | 76 | 71 | |
| Igual-diferente | 59 | 51 | |

* En negrita los valores significativos para $p \leq 0.05$

Al comparar los aciertos de cada prueba con los valores críticos tabulados se observa que en la prueba triangular ambos valores están muy cercanos y aun así se cumple la condición que rechaza la hipótesis nula y por tanto se declara que hay diferencia entre las cervezas. Los resultados se encuentran en el límite para declarar la diferencia significativa, de modo que la respuesta de sólo dos evaluadores cambiarían totalmente la condición (aceptar o rechazar H_0) y las conclusiones que se emitan deben ser consideradas con sumo cuidado; la norma ISO 4120 (2004) sugiere que no se debe llegar a ninguna conclusión cuando el número máximo de respuestas correctas está por debajo de $n/3$, en este caso, es igual a 40 y por tanto se podrían emitir resultados concluyentes.

Si se deseara emitir una respuesta sólo con los resultados de la prueba triangular, se debería aumentar el número de evaluadores, aumentando por ende, los costos del estudio. El análisis por géneros reveló que de 43 mujeres participantes, sólo 19 detectaron

diferencias (Valor crítico_{tab.} = 21), por lo que se concluye que las mujeres no encuentran diferencias entre las cervezas.

El análisis de los hombres muestra un comportamiento similar, de los 78 evaluadores, 33 de ellos no encuentran diferencia entre Pilsener y Brahma. El valor tabulado es 35 ($\alpha=0,05$), siendo superior al obtenido por lo que, tanto los consumidores hombres como las mujeres no encuentran diferencia entre los estímulos evaluados cuando se analizan de forma separada en la prueba triangular. En este caso, es evidente la influencia del tamaño de la muestra en los resultados, pues son contradictorios al variar la N en el estudio; este efecto fue también constatado por Frijters (1979).

La prueba triangular (al igual que la prueba igual-diferente) es la que requiere menor número de respuestas correctas para declarar la existencia de diferencia significativa entre un par de muestras, lo cual se basa en la distribución binomial que tiene en cuenta la probabilidad de acertar por el azar. Es decir, el análisis de los datos sensoriales está en función de los métodos de la estadística clásica sin tener en cuenta los elementos de la psicofísica, la estrategia cognitiva empleada, ni la variación en la percepción entre jueces en el tiempo.

Por su parte, la prueba dúo-trío requiere de 70 juicios concordantes de 121 juicios emitidos para encontrar diferencias entre muestras. En la diferenciación de dos muestras de cervezas empleando jueces consumidores, se computó que 72 evaluadores detectan la muestra diferente. Este valor sigue siendo muy cercano al valor crítico para dar una respuesta definitiva, por lo que se recomienda aumentar la muestra para evaluar el desempeño de más jueces y poder emitir una respuesta. Al analizar por géneros, los hombres no muestran diferencia significativa con 46 respuestas correctas de los 78 evaluados comparando con 47 (valor crítico tabulado). Las mujeres obtuvieron 26 aciertos y se requieren 28 para declarar la diferencia.

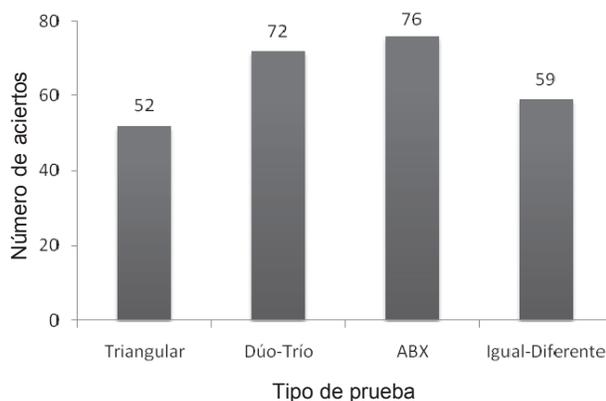
Este comportamiento permite afirmar que la prueba dúo-trío, como la triangular se hacen

inconsistentes con las variaciones en el número de juicios. Con N menor, la tendencia es reportar las muestras como iguales mientras que con mayor número de juicios puede detectarse una diferencia entre las mismas, con los mismos jueces. Este resultado concuerda con lo planteado por Bi y Ennis (1998), quienes en un estudio basado en la Estrategia de Comparación de Distancias, expresaron que cuando el número de observaciones en la prueba dúo-trío es pequeño, la prueba no es eficiente.

La prueba ABX se analizó según la tabla de la distribución binomial que indica que para los 121 juicios se requieren 71 respuestas concordantes y las emitidas en la investigación fue de 76 aciertos lo que permite concluir que existe diferencia significativa entre las cervezas, algo similar ocurre al emplear la prueba igual-diferente, por lo que se puede afirmar que las cuatro pruebas muestran algún grado de sensibilidad para la diferenciación de muestras cuando se emplean consumidores.

Según el número de aciertos obtenidos de las cuatro pruebas discriminatorias empleadas puede verse el comportamiento diferente de cada una de ellas (Figura 1).

Figura 1. Respuestas correctas de las pruebas discriminatorias de un total de 121 juicios.



Análisis de resultados de las pruebas de diferencia desde la perspectiva del modelo Thurstoniano. Desde el enfoque Thurstoniano, el análisis es más integral, atendiendo al valor d' . La prueba que logró un mayor número de aciertos fue la prueba ABX, seguida por la dúo-trío, igual-diferente y finalmente la triangular. Las dos primeras son pruebas similares ya que ambas tienen una muestra de referencia, y esta es una de las razones para que estas pruebas hayan logrado una mayor cantidad de aciertos, ya que para el juez es más fácil percibir la diferencia cuando se tiene una referencia con la cual compararla, minimizando los efectos asociados con la memoria. Esto también explica por qué la prueba triangular tuvo la menor cantidad de aciertos, ya que en ésta no existe una muestra de referencia y por lo tanto, es más difícil para el juez hacer la comparación.

Esta valoración se sustenta en uno de los postulados del modelo Thurstoniano y en el Análisis Secuencial de la Sensibilidad (O'Mahony y Odbert, 1985) ya que la comparación de una muestra con la referencia condiciona al juez de manera tal que esta primera evaluación hace las veces de calentamiento previo o familiarización, lo que posibilita el ajuste de los criterios cognitivos y una mejor selección de la estrategia a emplear. Todo ello permitirá diseñar una prueba más discriminativa y de mayor eficiencia.

La revisión de los datos de la muestra considerada «X» en la prueba ABX, mostrado en el Cuadro 2, expone que las cervezas resultarán iguales o diferentes indistintamente, en dependencia de la posición relativa de las muestras en el esquema experimental, por lo que el diseño que requiere esta prueba (ABX, donde X=Pilsener y el otro arreglo donde X=Brahma) influyó en los resultados y podría considerarse que cuando el estímulo «X» fue Pilsener los evaluadores tuvieron mejor desempeño en el estudio.

Cuadro 2. Efecto del orden de presentación en la prueba ABX

| Muestra X | N | Valor crítico | Respuestas | Conclusión |
|-----------|----|---------------|------------|------------|
| Pilsener | 60 | 37 | 39 | Diferente |
| Brahma | 61 | 38 | 36 | Igual |

Estudios liderados por O'Mahony, han revelado la influencia que tiene el orden de los estímulos evaluados y los efectos de «memoria» en la capacidad discriminativa de los evaluadores lo que resulta corroborado con esta prueba. Se ha comprobado que los jueces se desempeñaban mejor en la prueba doble estándar (ABX) que en la dúo-trío, debido a que el ensayo doble estándar se desarrolla de forma muy parecida a una prueba de familiarización previa con el producto (O'Mahony y Odbert, 1985; O'Mahony y Goldstein, 1986; O'Mahony y Goldstein, 1987; O'Mahony y Rousseau, 2002; O'Mahony *et al.*, 1994; O'Mahony *et al.*, 2004).

Este resultado sienta las pautas para la reformulación de este tipo de pruebas sensoriales que no fueron diseñadas sobre la base de modelos psicofísicos, sino ajustándose a las pautas estadísticas. Esto se debe a que el estímulo fuerte, representado por Pilsener, fue presentado en el arreglo débil-débil-fuerte coincidiendo con lo demostrado por O'Mahony y Odbert (1985). Este modelo explica por qué el evaluador en una tríada con dos estímulos débiles y uno fuerte es más sensitivo que cuando recibe el trío contrario. El modelo Thurstoniano también da una explicación a este desempeño de los jueces, cuando asevera que la varianza del estímulo fuerte es mayor que la del débil. Ambos, el modelo Thurstoniano y el ASS, predicen desde sus enunciados el desempeño mostrado por los jueces en esta investigación.

Las teorías derivadas del modelo de Thurstone recomiendan la necesidad de utilizar en la prueba igual-diferente, preguntas destinadas a conocer el grado de certidumbre del juez al momento de emitir la respuesta (Alfaro *et al.*, 2007). Al realizar estos cuestionamientos al juez, para responder,

necesariamente tiene que ajustar sus criterios cognitivos de manera que la prueba se hace más efectiva.

De la prueba igual-diferente, se destaca el análisis de los grados de certidumbre (Cuadro 3) el que muestra que cuando los estímulos fueron diferentes (ofrecidos a 61 consumidores), la mayoría, con 39 respuestas, refieren que las cervezas son diferentes y están seguros de su respuesta.

Cuadro 3. Grados de certidumbre en la prueba igual-diferente (N=121)

| Respuestas | Iguales | | Diferentes | |
|---------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | Muestras Seguro | No seguro | Muestras Seguro | No seguro |
| Muestras iguales | 20 | 4 | 32 | 4 |
| Muestras diferentes | 15 | 5 | 39 | 2 |

Por otra parte, cuando los estímulos fueron iguales (combinación aplicada a 60 evaluadores), 20 de ellos (32 %) plantearon que sí son iguales y están seguros de sus respuestas, lo que sugiere que la prueba igual-diferente, por la propia forma de plantear la pregunta al consumidor, genera errores pues el evaluador, aún cuando reciba una muestra y su placebo, espera que las muestras sean diferentes y en la mayoría de los casos está seguro de ello. Es decir, independientemente de la capacidad discriminativa del juez y de su percepción real, existen otros criterios de tipo cognitivo que influyen en la decisión que toma el juez, tal como enuncia Thurstone (1927 a, b).

Comparando los resultados correctos por cada juez, se encontró que ocho de ellos (6,6 %) acertaron en los cuatro ensayos, 35 lo hicieron en tres (28.9 %), 48 consumidores (39,6 %) respondieron correctamente en dos pruebas, 26 evaluadores (para un 21.5 %) en una, y sólo cuatro evaluadores no acertaron en ninguna prueba (3.05 %).

La proporción de respuestas correctas (perspectiva tradicional) no constituye un examen suficientemente claro para llegar a una

conclusión sobre la sensibilidad de las pruebas discriminatorias porque estos procedimientos varían en cuanto a la posibilidad de emitir respuestas correctas debido al azar (Huang y Lawlees, 1998).

De regreso al análisis Thurstoniano, las 484 observaciones que generaron los 121 consumidores permitieron determinar los valores de d' , como un indicador de la diferencia en la percepción entre muestras (Cuadro 4). Se observa que las pruebas discriminatorias estudiadas tienen valores de d' similares.

Cuadro 4. Valores de d' según la prueba de diferencia utilizada para evaluar cervezas Pilsener y Brahma (N=121)

| Pruebas de Diferencia | Valores de d' | S(d') |
|-----------------------|-----------------|-----------|
| Triangular | 1,07 | 0,28 |
| Dúo-trío | 1,08 | 0,28 |
| ABX | 1,32 | 0,26 |
| Igual-Diferente | 0,93 | 0,58 |

Los valores de d' para la prueba triangular, dúo-trío y ABX fueron significativamente diferentes de cero, ($p \leq 0,05$) lo que sugiere que en estas pruebas no hubo superposición de las distribuciones de frecuencias y, por tanto, d' permite diferenciar ambas muestras.

Todos los valores de d' estuvieron cerca al umbral, indicando que las dos cervezas no fueron fácilmente discriminadas, aunque 86% de los evaluadores dijeron ser consumidores habituales de Pilsener o Brahma. Las cuatro pruebas, según el valor de d' , fueron comparables en su sensibilidad teniendo una ligera variación la prueba igual-diferente, debido a la mayor varianza obtenida en esta prueba ($S^2 = 0,34$).

Aquellos jueces que no acertaron, o lo hicieron sólo una o dos veces, pueden representar resultados no confiables pues sus respuestas acertadas pudieron haber sido

cuestión de azar. Por otro lado, aquellos jueces que acertaron en tres y cuatro pruebas (43 jueces para un 35%) pueden ser más consistentes en sus respuestas; sin embargo, esta conducta fue minoritaria dentro de los jueces consumidores.

Conclusiones

Con el presente estudio se concluyó que las pruebas ABX e igual diferente son las que brindaron mayor número de aciertos.

El menor valor de d' de la prueba igual-diferente puede deberse a un mayor valor de S^2 obtenido.

Los estímulos empleados, Pilsener y Brahma no fueron fácilmente distinguibles con valores de d' cercano al umbral.

Se debe profundizar en el estudio de la eficiencia de las pruebas para reportar diferencias cuando éstas existen.

El ajuste en la aplicación y análisis de los ensayos al modelo Thurstoniano y a su medida de prueba (d') es la forma más adecuada en el diseño, ejecución e interpretación de resultados en pruebas de diferenciación en análisis sensorial, a partir del d' , medida fundamental e independiente de la metodología sensorial, que permite comparar pruebas sensoriales diferentes.

Agradecimientos

A la unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA), del Instituto Tecnológico de Veracruz, México, por compartir con la comunidad científica por más de 10 años a través de sus cursos de capacitación y asesorías en las nuevas tendencias de la Evaluación Sensorial y en especial a los doctores Ofelia Angulo Guerrero, Michael O'Mahony y Alberto Monroy Rivera, en la ardua tarea de la investigación y sociabilización del conocimiento en la temática sensorial de alimentos.

Literatura citada

- ALFARO, H., O. Angulo y M. O'Mahony. 2007. Be your own placebo: a double paired preference test approach for establishing expected frequencies. *Food Quality and Preference* 18: 353-61.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). 2003. Standard Practice for Estimating Thurstonian Discriminal Distances. E 2262-03. Filadelfia.
- ANGULO, O. y M. O'Mahony. 2009a. Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 59: 349-357.
- ANGULO, O. y M. O'Mahony. 2009b. Las pruebas de preferencia en alimentos son más complejas de lo imaginado. *Interciencia* 34: 177-181.
- BI, J., y D. M. Ennis. 1998. A Thurstonian variant of the beta-binomial model for replicated difference tests. *Journal of Sensory Studies* 13: 461-466.
- CARPENTER, R. P., D.H. Lyon y T.A. Hasdell. 2002. Análisis Sensorial en el Desarrollo y Control de la Calidad de Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. 11-31 p.
- ENNIS, D. M. 1990. Relative power of difference testing methods in sensory evaluation. *Food Technol.* 44: 114-118.
- ENNIS, D. M. 1993b. The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies* 8: 353-370.
- FRIJTERS, J. E. R. 1979b. Variations of the triangular method and the relationship of its unidimensional probabilistic models to three-alternative forced choice signal detection theory models. *Brit. J. Math. Stat. Psychol.* 32: 229-241.
- FRIJTERS, J. E. R. 1982. Expanded tables for conversion of a proportion of correct responses (Pc) to the measure of sensory difference (d') for the triangular method and the 3-alternative forced choice procedure. *J. Food Sci.* 47: 139-143.
- FRIJTERS, J. E. R., A. Kooistra, y P. F. G. Vereuken. 1980. Tables of d' for the triangular method and the 3-AFC signal detection procedure. *Percept. Psychology* 32: 229-241.
- GREEN, D. M. y J. A. Swets. 1966. Signal Detection Theory and Psychophysics. Ed. John Wiley and Sons. New York.
- HACKER, M. J. y R. A. Ratcliff. 1979. Revised table of d' for M-alternative forced choice. *Percept. Psychophys* 26: 168-170.
- HUANG, Y. T. y H. T. Lawless. 1998. Sensitivity of de ABX discrimination test. *Journal of Sensory Studies* 13: 229-239.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4120:2004. Sensory analysis—Methodology- Triangular test.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6658:2005. Análisis sensorial. Metodología. Guía general.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 5495: 2005. Sensory analysis—Methodology—Paired comparison test.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 10399:2004. Metodología. Prueba dúo trí.
- O'MAHONY, M. y L. R. Goldstein. 1986. Effectiveness of sensory difference tests: sequential sensitivity analysis for liquid food stimuli. *J. Food Sci.* 51: 1550-1553.
- O'MAHONY, M. y L. R. Goldstein. 1987. Tasting successive salt and water stimuli: the roles of adaptation, variability in physical signal strength, learning, supra- and subadapting signal detectability. *Chem. Senses* 12: 425-436.
- O'MAHONY, M., S. Masuoka y R. Ishill. 1994. A theoretical note on difference tests: models, paradoxes and cognitive strategies. *J. Sens. Studies* 9: 247-72.
- O'MAHONY, M. y N. Odbert. 1985. A comparison of sensory difference testing procedures sequential sensitivity analysis and aspects of taste adaptation. *J. Food Sci.* 50: 1055-1058.
- O'MAHONY, M. y B. Rousseau. 2002. Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference* 14: 157-164.
- O'MAHONY, M., B. Rousseau, V. Braun y M. Rogeaux. 2004. Corroborating the 2-AFC and 2-AC Thurstonian models using both a model system and sparkling water. *Food Quality and Preference* 15: 501-507.
- THURSTONE, L. L. 1927a. A law of comparative judgment. *Psychological Review* 34: 278-286.
- THURSTONE, L. L. 1927b. Psychophysical analysis. *American Journal of Psychology* 38: 368-389. 

Este artículo es citado así:

Álvarez-Coureaux B.Y., J. E. Díaz-Leiva, A. D. Tutasi-Lozada y A. Manresa-González. 2010: *Eficiencia de las pruebas discriminatorias para reportar diferencias cuando se utilizan consumidores ecuatorianos*. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 4(1): 12-20.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

BÁRBARA YAMILA ÁLVAREZ COUREAUX. Licenciada en Ciencias Farmacéuticas (1995) en el Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL). Universidad de la Habana. Cuba. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en la Especialidad Toxicología Experimental. (2003) en la Universidad de la Habana. Actualmente se encuentra cursando el programa de doctorado en ciencias en la especialidad: Evaluación Sensorial de Alimentos en el (IFAL), La Habana, Cuba. Ha participado en diferentes programas de capacitación enfocado a la evaluación sensorial entre ellos: Métodos estadísticos aplicados a la evaluación Sensorial de alimentos. (2007). «Métodos Estadísticos para la Evaluación Sensorial de Alimentos» en la Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México. Actualmente es profesora a tiempo completo del Colegio de Agricultura Alimentos y Nutrición de la Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, donde labora desde hace 7 años. Es coordinadora y directora del Instituto de Evaluación Sensorial de Alimentos (INESA) adjunto a la Universidad San Francisco de Quito.

JUAN ESTEBAN DÍAZ LEIVA. Egresado de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad San Francisco de Quito en el 2010. Actualmente trabaja en su proyecto de Tesis «*Goma guar como materia prima alternativa a la utilización de pectina en formulación de jaleas en la industria de alimentos*». Formó parte del equipo de investigación en el proyecto «*Influence of physico-chemical feed properties on whey protein adsorption on ceramic membranes and the impact of adsorption on membrane resistance and protein permeation*» en la Technische Universität München en München – Alemania en el 2010. Colaboró en el proyecto «*Propiedades de textura y estabilidad congelación/descongelación de geles de mezclas de almidones de origen andino*» presentado en CIBIA VI. Congreso Iberoamericano de Ingeniería en Alimentos en Ambato–Ecuador en el 2007. Realizó varias investigaciones en la Universidad San Francisco de Quito, entre ellas el «*Desarrollo de programa para determinación de vida útil en productos alimenticios*», «*Influencia del contenido de pulpa de badea sobre el pH, acidez, contenido de cenizas y sólidos solubles*». También fue autor de varios proyectos de desarrollo de productos alimenticios como «*Desarrollo de queso crema con tomate*», «*Desarrollo de mermelada de frutilla y maracuyá*», «*Desarrollo de mermelada de guanábana*», «*Desarrollo de alimento balanceado para alimentación canina*» entre otros, así como de estudios de factibilidad «*Estudio de factibilidad para industria de salchichas*». Fue asistente de proyectos en el área de evaluación sensorial e investigación en alimentos en la Universidad San Francisco de Quito. Le fue otorgada la beca de excelencia «*Columella*» por parte de la Universidad San Francisco de Quito para realizar sus estudios en la carrera de Ingeniería de Alimentos.

ANGÉLICA DAYANA TUTASI LOZADA. Egresado de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad San Francisco de Quito en el 2010 y estudiante de Michigan State University en el período 2008-2009. Actualmente trabaja en su proyecto de Tesis con la colaboración de AGA Linde S.A. «*Aplicación de atmósferas modificadas en queso mozzarella*». Fue pasante en la compañía PRONACA S.A. donde colaboró en el área de desarrollo de producto. Durante su estancia en Michigan State University realizó desarrollo de nuevos productos alimenticios en el área de bebidas nutricionales. Colaboró en el proyecto «*Propiedades de textura y estabilidad congelación y descongelación de geles de mezclas de almidones de origen andino*» presentado en CIBIA VI. Congreso Iberoamericano de Ingeniería en Alimentos en Ambato–Ecuador en el 2007. Realizó varias investigaciones en la Universidad San Francisco de Quito, entre ellas el «*Desarrollo de programa para determinación de vida útil en productos alimenticios*», «*Efectos en la masa y horneado de pan del uso de harina de maíz negro*». También fue autora de varios proyectos de desarrollo de productos alimenticios como «*Desarrollo de galletas con alto contenido de fibra a base de linaza*», «*Desarrollo de galletas de limón con crema de almendras*», entre otros, así como «*Diseño de una planta para el procesamiento de productos precocidos de pollo*». Fue asistente de proyectos en el área de evaluación sensorial e investigación en alimentos en la Universidad San Francisco de Quito y asistente de cátedra para Técnicas Experimentales. Le fue otorgada la beca de excelencia «*Columella*» por parte de la Universidad San Francisco de Quito para realizar sus estudios en la carrera de Ingeniería de Alimentos.

ADA DE LOS ÁNGELES MANRESA GONZÁLEZ. Ingeniera en alimentos (1980) egresada de la Universidad de La Habana, Cuba. Realizó su postgrado en el Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL) de la Universidad de La Habana donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencia y tecnología de los alimentos (1997) y el de Doctor en Ciencias en la especialidad evaluación sensorial de alimentos (2005). Actualmente es profesor principal de la cátedra de «*Evaluación Sensorial de los Alimentos y especialista en la temática de color en los alimentos*». Es miembro de la Comisión de carrera y del Comité de maestría de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, en el IFAL y miembro del Comité Técnico de Normalización de Evaluación Sensorial del Ministerio de la Industria Alimenticia, en La Habana, Cuba. Ha recibido varios reconocimientos ejemplo de ellos son: Reconocimiento a la excelencia universitaria, premio del rector por el trabajo más útil a la Educación Superior, premio del rector por el trabajo de mayor significado económico de la Universidad de La Habana y en el evento internacional «*Universidad 2008*» en el Taller de Informatización recibió premio al trabajo «*Laboratorio virtual de Reología de los Alimentos*».

Aplicación y evaluación del modelo MM5 para pronóstico de lluvia y temperatura en Chihuahua, México

Application and evaluation of the MM5 model to forecast precipitation and temperature in Chihuahua, Mexico

VÍCTOR MANUEL REYES-GÓMEZ^{1,3}, DANIEL NÚÑEZ-LÓPEZ¹, OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES-OLIVAS² Y VÍCTOR DIEGO QUIÑONEZ-QUINTANA²

Recibido: Febrero 11, 2010

Aceptado: Marzo 23, 2010

Resumen

En Chihuahua no existe un modelo local que permita pronosticar a corto plazo las posibilidades extremas de lluvia y temperatura, que considere los procesos atmosféricos de meso-escala. El objetivo del presente estudio fue adaptar y probar la eficiencia del modelo MM5 para predecir condiciones extremas de temperatura y lluvia en Chihuahua. Se integró un sistema de pronóstico que opera en una estación de trabajo donde se pueden generar mapas de pronóstico de lluvia y temperatura cada hora, hasta por dos días, para todo el estado de Chihuahua sobre una malla con resolución de 8 km. Las pruebas visuales muestran que el MM5 acierta en más del 90% de los eventos pluviométricos y puede estimar correctamente la lámina de lluvia y las temperaturas extremas en alrededor del 80% de los pronósticos. Para lluvia, el modelo puede subestimar en la región de planicies y valles de Chihuahua y predecir correctamente en la zona serrana; en tanto que para temperaturas máxima y mínima (respectivamente medidas a las 15:00 y 7:00), en general sobreestima entre 0.75 y 2.14°C. Las pruebas estadísticas de eficiencia del modelo para pronóstico de lluvia y temperaturas extremas, muestran valores significativos para poderlo utilizar con alto grado de confianza en Chihuahua (valores de eficiencia del modelo superiores a 0.57).

Palabras Clave: Modelo meteorológico de mesoescala, pronóstico local de tiempo, alta resolución, validación del modelo, modelo MM5.

Abstract

In Chihuahua there is no local model to forecast short-term extreme rainfall and temperature events, considered as atmospheric meso-scale. This study was designed to adapt and evaluate the efficiency of the model MM5 to predict extremes temperature and rain in Chihuahua. A forecast system was programmed to operate from a workstation where rain and temperature forecast maps were generated every hour, for two days, for the State of Chihuahua on a mesh with 8 km resolution. Visual evidence shows that the MM5 was successful in more than 90 % of the rain events and can forecast correctly the rainfall and extreme temperatures in about 80 % of the times. With respect to rain, the model may underestimate the precipitation on the plains and valleys of Chihuahua and predicts in correctly in the mountains region. For minimum and maximum temperatures (respectively, measured at 7:00 and 15:00 hrs.), the model generally overestimates these values for up to forecast rain and extreme temperatures, show that this model can be used with a high degree of confidence in Chihuahua (the model efficiency exceeded 0.57 values).

Keywords: Mesoscale meteorological model, local weather forecast, high resolution, model validation, MM5 model.

¹ Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). Centro Regional Chihuahua, Red MAS. Km 33.300, carretera Chihuahua-Ojinaga, Cd. Aldama, Chih. C.P. 32900. Tel. (614) 451 09 05.

² Departamento de Recursos Naturales, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua., Periférico Francisco R. Almada, Km 1.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: victor.reyes@inecol.edu.mx

Introducción

En Chihuahua, los fenómenos hidro-meteorológicos extremos que ocasionan mayores desastres son las lluvias torrenciales, nevadas, granizadas, inundaciones y sequías (Pérez, 2004), ya que pueden impactar negativamente a la sociedad, al medio ambiente y todas las actividades económicas del estado.

En otras regiones del mundo, como medidas de prevención de desastres, se han desarrollado modelos numéricos como el de Mesoescala V. 5.0 (MM5), el ETA, el Global de Aviación de Estados Unidos de Norteamérica (AVN por sus siglas en inglés) y el modelo de Investigación y Pronóstico del Clima (Weather Research and Forecasting WRF). Estos modelos permiten simular la dinámica atmosférica de meso-escala de una región en particular hasta por 72 h, generalmente incluyen: precipitación, temperatura y eventos meteorológicos globales como el ENSO.

Gracias al desarrollo de la informática, los modelos numéricos fueron prácticos sólo hasta la segunda mitad del siglo XX (Charney *et al.*, 1950; Richardson, 1916; Magaña, 2004). Los cambios y adecuaciones de los modelos numéricos han sido enfocados a la creación de modelos de Circulación General (GCM, por sus siglas en inglés) y Atmosféricos de Área Limitada (LAM, por sus siglas en inglés) los cuales consideran sólo una sub-región del globo para simulaciones de tiempo, entre los cuales destacan el MM5, el ETA, el WRF (Stauffer y Seaman, 1990).

Los modelos más sofisticados de predicción en tiempo real no son del todo perfectos, especialmente cuando la escala espacial a utilizar requiere mayor detalle y las parametrizaciones de las nubes dejan de ser válidas, llevando a errores en pronósticos de la cantidad de precipitación, parámetro meteorológico más relevante en lo que se refiere a predicción del tiempo a escala local (Pérez, 2004; Stern *et al.*, 1986). En algunas partes del mundo, el MM5 ha sido adaptado a diversas escalas de resolución de malla para regiones con terrenos muy heterogéneos de relieve muy accidentado (Colle *et al.*, 1999; Das, 2005), concluyendo sobre la gran robustez del MM5,

siempre y cuando se realicen anidaciones más locales y se cuide el aspecto de resolución y condiciones físicas del terreno, como altitudes y fragmentación del paisaje.

La mayoría de los censos bibliográficos indican que en México, el modelo MM5 es el más usado por su robustez y cantidad de variables de salida (Pérez, 2004; Magaña, 2004; Lobato *et al.*, 2005; Kislova *et al.*, 2009 y Zitácuaro y Caetano, 2004). Además, presenta la ventaja de generar información que permite el análisis de las condiciones regionales del tiempo y su impacto ocasionado por cambios en el uso de suelo. Si bien es cierto que requiere de capacidades humanas especializadas, existen al menos unos cinco usuarios en México que han podido desarrollar capacidades para el uso del MM5, sobre todo en zonas de desastres por huracanes como en el centro sur de México y la costa occidental de California (Instituciones como el SMN, La Marina, CICESE, CCA-UNAM, SMN). No se optó por el modelo WRF que es muy similar al MM5 porque está en fase de validación de su robustez y capacidad (Kerbyson *et al.*, 2007).

Para el caso de México, el MM5 ha sido utilizado para simular o predecir circulaciones atmosféricas a nivel regional y campos de viento superficial de altura geopotencial (Hernández, 1999), para análisis de contaminación atmosférica y dispersión de contaminantes en la Ciudad de México (Salas, 2000; García, 2002; Fuentes *et al.*, 1993; Jazcilevich *et al.*, 2002). Desde 1996 el MM5 se ha utilizado experimentalmente como una herramienta de pronóstico operativo del tiempo meteorológico en México (Magaña *et al.*, 2002). Sin embargo, poco se ha hecho para evaluar de forma objetiva la calidad de las simulaciones y de los pronósticos. Aún no se tiene la certeza sobre cuál es la máxima resolución espacial a utilizar

en el MM5 para obtener resultados útiles. En síntesis, la originalidad de este estudio radica en la adaptación y validación de un modelo de mesoescala a las condiciones locales estatales como Chihuahua, que ayude a la prevención de riesgos por condiciones extremas de lluvias o temperaturas frías o calurosas, así como la creación de bancos de información que puedan ser usados por el sector educativo y científico como entradas de otros modelos más complejos sobre la prevención de incendios, modelos hidrológicos y ecológicos.

Objetivo. Adaptar y validar un sistema de pronóstico de condiciones extremas de precipitación y temperatura, específico para el estado de Chihuahua, a través del modelo de meso-escala conocido como MM5.

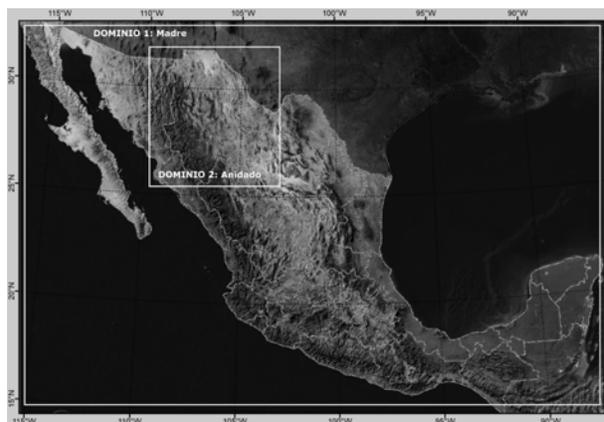
Materiales y métodos

La zona de estudio. La región de estudio, abarca el estado de Chihuahua localizado al norte del país, ubicado entre las latitudes norte de 25° 30' y 31° 47' y longitudes oeste 103° 18' y 109° 7'; su altitud máxima es 3300 m (cerro Mohinora). El paisaje de Chihuahua está conformado por tres grandes regiones: sierra, llanura o meseta y desierto, que se distribuyen de oeste a este en forma de grandes bandas (INEGI, 2004). Los climas predominantes son templado húmedo (Cw) en la zona de montañas, seco semiárido en los valles y seco árido en las partes más bajas del paisaje (García, 1973).

Pronóstico de lluvia y temperaturas extremas. Para el pronóstico de lluvia y temperatura, se establecieron dos dominios donde se probó el pronóstico de lluvia y temperatura con el MM5. El dominio uno (D1 denominado madre), abarca todo México, donde se incluye el segundo dominio que abarca localmente el estado de Chihuahua (D2 o anidado, en la Figura 1). El D1 tiene como centro las coordenadas 24° N y -100.5° W, el D2 está centrado en los 29.19° N y los 107.61° W. Los puntos por malla son 120X170 en el caso del D1 y de 118X101 para el D2, respectivamente, con una resolución de mallado de 24 y 8 km.

Las condiciones inicial y de frontera fueron adquiridas a intervalos de 6 h de los pronósticos a escala global, realizados diariamente en el Departamento de Aviación de Estados Unidos (AVN, por sus siglas en inglés), en conjunto con el *National Center for Environmental Prediction* (NCEP, por sus siglas en inglés). Las variables necesarias para las corridas del MM5 fueron: componente zonal y meridional (u y v) del viento, temperatura, humedad relativa, presión reducida al nivel del mar y altura geopotencial. Esas variables se adquirieron de los reportes de radio sondas de México y región fronteriza de E.U.A. en los niveles: 1000, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 150 y 100 mb con excepción de la humedad relativa que sólo se reporta hasta el a nivel de 300 mb.

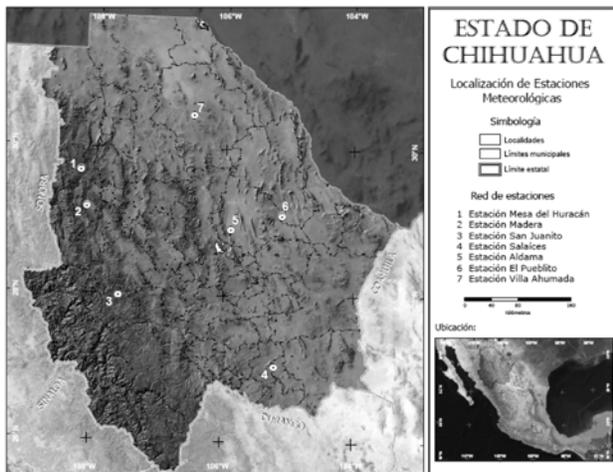
Figura 1. Dominios creados para el pronóstico del tiempo en Chihuahua.



Validación del modelo MM5 para Chihuahua. Para la validación del MM5 en el dominio de Chihuahua, primero se realizó el pronóstico diario de lluvia y temperatura durante tres meses del periodo estival en Chihuahua (julio, agosto y septiembre del 2008), así como para uno de los meses más fríos (enero 2009), con lo que se cubrieron condiciones extremas del periodo estival en Chihuahua y la época más fría del año. Los pronósticos diarios fueron para 48 horas y siguiendo los criterios de validación de modelos descritos en Mayer y Buttler (1993),

se evaluó visualmente el pronóstico de lluvia para julio 2008, comparando la coincidencia de días con y sin lluvia generadas con el MM5 vs los días con y sin lluvia registrados en una red de siete estaciones automatizadas (Figura 2); distribuidas desde las zonas templadas frías (sitios 1 – 3) hasta las zonas áridas y semiáridas (sitios 4 – 7).

Figura 2. Red de estaciones de control y validación del modelo.



La segunda forma de evaluación fue la confrontación numérica de valores pronosticados de lluvia y temperatura con valores observados y el análisis del grado de correlación en los sitios de control. En el caso de las temperaturas extremas, se compararon los valores más altos en los sitios de control (15:00 del mes de julio 2008) y los más bajos para la estación de San Juanito considerada una de las zonas más frías del estado (7:00 de enero 2009); para la lluvia, se tomó en cuenta el pronóstico de la lluvia acumulada en 24 h (medido a las 9:00) para el mes de agosto del 2008 en todos los sitios.

En la primera evaluación, se estimó el porcentaje de aciertos como un primer criterio de validación, en la segunda forma de evaluación se estimaron los promedios de sobre o subestimación del modelo y el valor de correlación entre lo observado y lo pronosticado. Estadísticamente, la aptitud del modelo para

predecir lluvia y temperatura se evaluó usando el criterio conocido como EM (Eficiencia del modelo), cuya relación propuesta por Mayer y Butler (1993) está dada por:

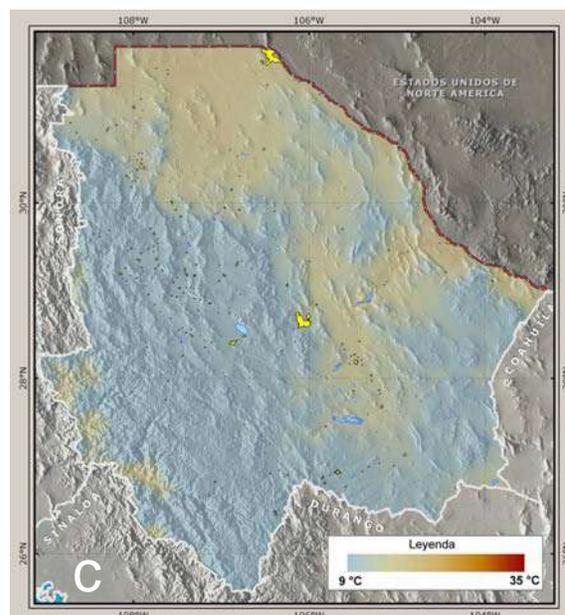
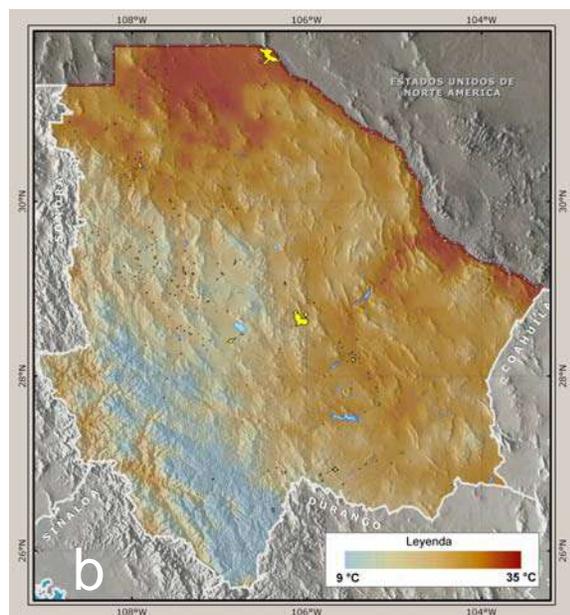
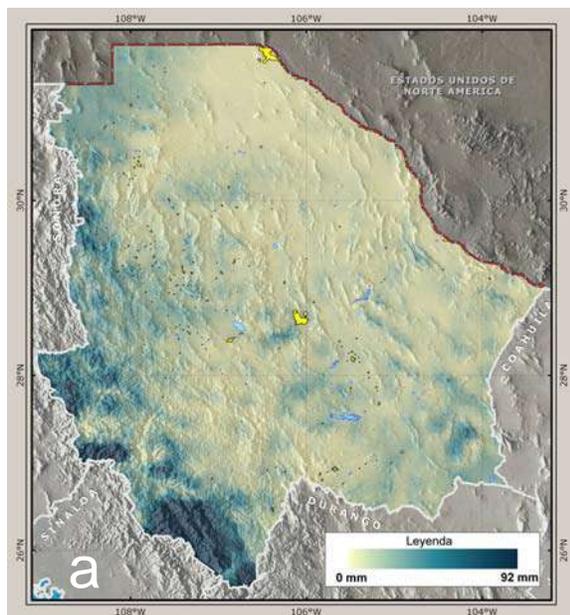
$$EM = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_i)^2}$$

Donde EM es la eficiencia del modelo; X_i es el valor observado; Y_i es el valor simulado, \bar{X}_i el valor medio observado, N es el número de pares comparados de valores observados y simulados.

Resultados y discusión

Información de salida. El sistema de pronóstico genera mapas de lluvia y temperatura cada hora durante un lapso de tiempo de 48 h (Figura 3). En el caso de la lluvia, las imágenes de los mapas representan la lámina de lluvia acumulada hora por hora (en mm) y en las imágenes de temperatura, se refleja el valor hora por hora (en °C). Son proyecciones que muestran geográficamente, la distribución espacial de las condiciones que prevalecerán en todo el estado de Chihuahua durante los próximos dos días. En la Figura 3, se observan los mapas de pronóstico, respectivamente para lluvia, temperatura extrema a las 7:00 y temperatura extrema a las 15:00, donde se puede apreciar la forma de cómo el sistema genera información visual del pronóstico del tiempo para el estado de Chihuahua. Los colores de los mapas de precipitación van desde las tonalidades más claras cuando el pronóstico de lluvia es menor, hasta los colores azules intensos para los pronósticos de lluvia superiores a los 50 mm; en el caso de los mapas de temperatura, la escala de colores va desde los tonos azules para temperaturas cercanas o menores que cero, hasta los de tonos rojos o marrones intensos, que significan temperaturas mayores a los 30°C.

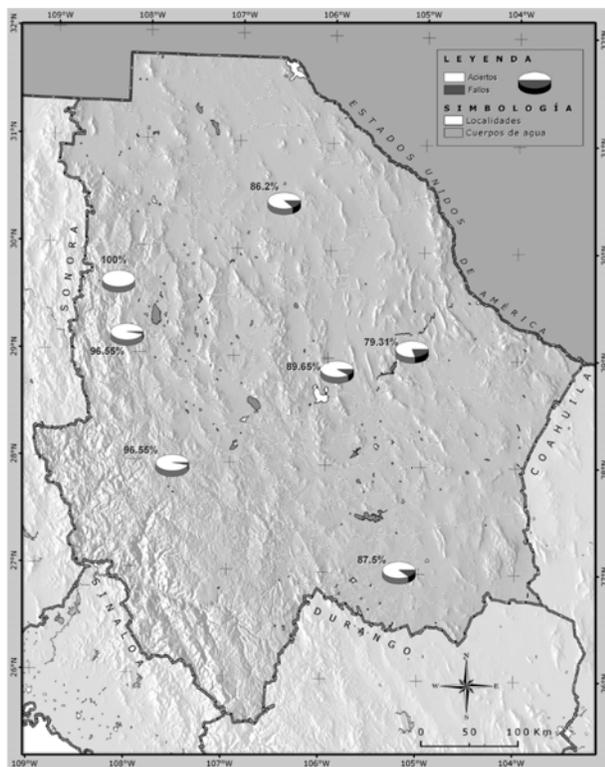
Figura 3. Mapas de pronóstico con MM5. a = Precipitación, b = Temperatura en la hora más calurosa, c = Temperatura en la hora más fría.



más altos de aciertos se presentaron para la zona serrana, en los sitios de San Juanito, Mesa del Huracán y Madera (96.5 %, 100 % y 96.5 % respectivamente), los valores más bajos fueron en las zonas áridas y semiáridas de Chihuahua, en los sitios de Vila Ahumada, Salaices, Aldama y El Pueblito, con rangos entre 86 y 90 % de aciertos. Estos resultados, permiten constatar que el sistema de pronóstico de lluvia con el MM5 adaptado para Chihuahua, es muy eficiente, ya que la resolución de malla es de 8 km; superando otros sistemas similares como el de Colle et al. (1999) y de Das (2005) quienes después de probar distintos tamaños de malla con esquemas microfísicos distintos, lograron para zonas montañosas como las de Oregon y Washington (USA) y la del Himalaya (India), una escala horizontal entre 10 y 32 km, con condiciones de relieve similares a lo accidentado del terreno de la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental de Chihuahua. Este tipo de salidas son muy valiosas en programas de planeación de la agricultura, manejo de agua, transporte público, industria, recreaciones y prevención de riesgos a corto plazo, como tormentas, heladas, nevadas y grandes avenidas de ríos (Das, 2005), así como en el sector académico y científico como materia prima de entrada en otros modelos ecohidrológicos, de manejo de cuencas y para prevención de incendios forestales.

Validación visual del pronóstico de precipitación. En la Figura 4 se presentan los porcentajes de acierto en la coincidencia (MM5 vs observado) de los eventos pluviométricos de agosto 2008 en los siete puntos de control. Los rangos de acierto se mantuvieron entre el 86 y 100%, con un promedio estatal de aciertos del 90.8 %. Los valores

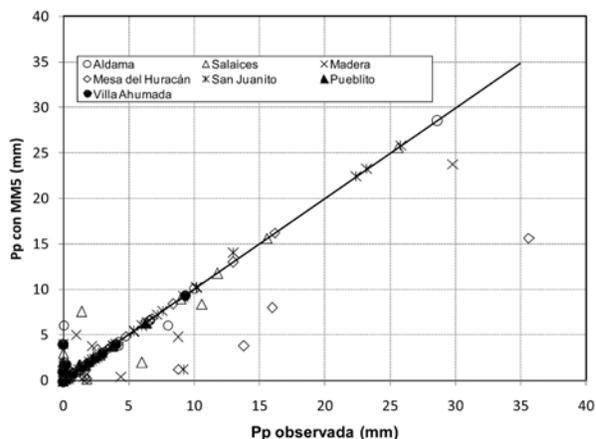
Figura 4. Relación de aciertos de la coincidencia del pronóstico de lluvia con el MM5 y los observados en los puntos de control.



Validación numérica del pronóstico de precipitación. En el segundo tipo de evaluación del MM5, se confrontaron los valores de lluvia acumulada en 24 h estimada con MM5 vs observada en los sitios de control (Figura 5). Como se puede apreciar en el diagrama de dispersión; hay una clara tendencia positiva entre los valores de lluvia estimados con el MM5 y los observados.

Se observa que el MM5 sobreestima las lluvias menores de 5mm, como se puede ver para los casos de Villa Ahumada, Aldama, y Salaices (promedios de sobreestimación S-S-p en Cuadro 1); para lluvias entre 5 y 16 mm, el MM5 subestima las precipitaciones como se puede apreciar en algunos eventos pluviométricos de los sitios de Mesa del Huracán, Madera y San Juanito, respectivamente, con subestimaciones promedio de -1.6, -0.36 y -0.11 mm.

Figura 5. Comparación de valores de precipitación pluvial (Pp) pronosticada y observada para el mes de agosto 2008 en los sitios control.



Para rangos pluviométricos entre 17 y 25 mm de lluvia, el modelo simula casi perfectamente lo que lloverá, llegando a presentarse subestimaciones elevadas en algunos eventos pluviométricos mayores a los 25 mm, como en el caso de la lluvia observada de 35 mm en la estación de Mesa del Huracán que el MM5 pronosticó una altura de 15 mm, derivándose una subestimación de -20 mm (Figura 5). A escala estatal, al considerar el total de sitios, el promedio de S-S-p (Cuadro 1), refleja una subestimación promedio de -0.153 mm en el pronóstico de lluvia.

Con el propósito de reforzar la evaluación del MM5 para el pronóstico de lluvia, se estimó la correlación de Pearson por sitio y para el total de ellos (Cuadro 1). Como puede observarse, los coeficientes de correlación todos fueron muy elevados ($r > 0.86$), lo que como criterio indica que el MM5 es muy apto para pronosticar lluvias hasta por 48 h en Chihuahua. El grado tan elevado de significancia de esas correlaciones se constató con los valores de probabilidad P, todos menores a 0.001 ($n-2$), presentando incluso un valor de $r = 0.933$ cuando se considera el total de sitios, lo que reafirma la robustez del MM5 en este tipo de pronósticos.

Cuadro 1. Correlación de Pearson entre lluvia pronosticada con MM5 y lluvia observada en agosto 2008.

| Sitio | S-S-p mm | r | P |
|-----------------|----------|-------|-------|
| Aldama | 0.231 | 0.976 | 0.001 |
| Salaices | 0.156 | 0.962 | 0.001 |
| Madera | -0.317 | 0.965 | 0.001 |
| Mesa de Huracán | -1.610 | 0.845 | 0.001 |
| San Juanito | -0.114 | 0.977 | 0.001 |
| Pueblito | 0.362 | 0.868 | 0.001 |
| Villa Ahumada | 0.259 | 0.914 | 0.001 |
| Total de sitios | -0.153 | 0.933 | 0.001 |

S-S-p = Sobre o sub estimación promedio generada en el pronóstico de lluvia con MM5, r = correlación de Pearson entre los valores de lluvia con MM5 vs observados, P = probabilidad de error del modelo de correlación (n-2).

Validación numérica del pronóstico de las temperaturas extremas. En el caso del pronóstico de temperaturas extremas, el MM5 generó sobre y subestimaciones en los dos horarios considerados como valores mínimo y máximo (7:00 y 15:00, respectivamente). Para el pronóstico de la temperatura máxima (Figura 6), las mayores dispersiones por sitio se observan en la Mesa del Huracán y Villa Ahumada, respectivamente, con una sobrestimación extrema de 11 °C y una subestimación de -7 °C, cuyos promedios (S-S-p) se reflejaron de 3.5 °C y -1.2 °C en ambos casos (Cuadro 2). En los otros sitios, los valores de S-S-p reflejaron valores intermedios con promedios entre 0.07 °C y -0.7 °C, y de 0.75°C cuando se considera el total de sitios. En el caso de la temperatura mínima (Figura 7), para el mes de enero en la estación San Juanito, se observó una dispersión más importante en las temperaturas bajo cero que en aquellas positivas, con sobreestimaciones que pueden alcanzar los 7 °C, reflejándose un promedio de S-S-p de 2.14 °C para esa zona serrana de Chihuahua.

Los resultados del grado de correlación entre el pronóstico y lo observado, se ilustran a través del valor de r en el Cuadro 2, que como criterio de evaluación del MM5 revela una elevada significancia para el pronóstico de las dos temperaturas extremas; exceptuando el sitio Salaices (con $r = 0.25$ y $P = 0.1$), los demás sitios mostraron coeficientes r mayores a 0.4 con probabilidades menores a 0.05, que indica una elevada significancia y por ende un pronóstico bastante aceptable.

Figura 6. Comparación de valores de temperatura máxima (Tmax) pronosticada y observada para el mes de julio 2008 en los sitios control.

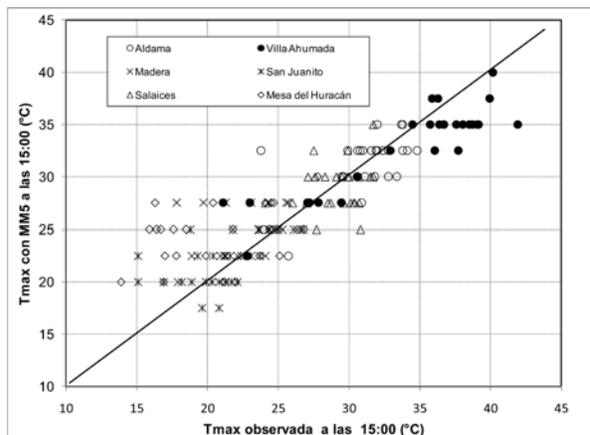
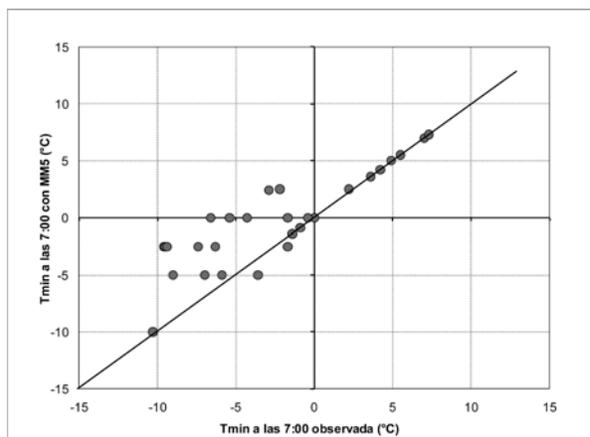


Figura 7. Comparación de valores de temperatura mínima (Tmin) pronosticada y observada para el mes de enero 2009 en la estación San Juanito.



Cuadro 2. Correlación de Pearson entre temperaturas extremas pronosticadas con MM5 vs observadas.

| Condición | Sitio | S-S-p °C | r | P |
|-----------|-----------------|-------------|-------|-------|
| Tmax | Aldama | 0.077 | 0.482 | 0.010 |
| | Salaices | -0.126 | 0.246 | 0.100 |
| | Madera | 1.389 | 0.512 | 0.010 |
| | Mesa de Huracán | 3.563 | 0.432 | 0.020 |
| | San Juanito | 0.911 | 0.391 | 0.050 |
| | Villa Ahumada | -1.209 | 0.892 | 0.001 |
| | Total del sitio | 0.748 | 0.864 | 0.001 |
| Tmin | San Juanito | 2.147 | 0.865 | 0.001 |

S-S-p=Sobre o sub estimación promedio generada en el pronóstico de temperaturas extremas con MM5, r=correlación de Pearson entre los valores de temperaturas extremas con MM5 vs observados, Tmax=temperatura máxima medida a las 15:00, Tmin=temperatura mínima medida a las 7:00, P=probabilidad de error del modelo de correlación (n-2).

Con estos resultados de validación visual y numérica, queda demostrado que el MM5 es una herramienta que permite predecir con bastante certitud las condiciones extremas de lluvia y temperatura a escala regional o estatal (p.e. para Chihuahua), que debe tomarse con reserva el grado de imprecisión puntual en los sitios de control, ya que se sabe que el pronóstico con este tipo de modelos de mesoescala, es sobre todo con resoluciones de mallado mayores a los 6 km. Este tipo de pronósticos puede ser mejorado con procesos como el de asimilación, que considera nuevas condiciones iniciales de tiempo en superficie, que mejora el re-grillado horizontal inicial al comienzo del cálculo del pronóstico del tiempo con el MM5.

Prueba de eficiencia del MM5. Este criterio estadístico (descrito en materiales y métodos), indica de forma análoga al valor de r^2 , que con un valor nulo EM lo suficientemente diferente de $-\infty$ a 1, cualquier modelo sería inapropiado para el pronóstico en cuestión. Contrariamente,

más se encuentre un valor cercano de 1, mejor será la eficiencia del modelo, de hecho se acepta que si EM es ≥ 0.5 es suficientemente correcto para simular (Mayer y Butler, 1993). Los resultados promedio de la prueba EM para validar el MM5, se muestran en el Cuadro 3 donde se aprecia que en los tres casos, el valor de EM es superior a 0.5, lo que indica que el MM5 para Chihuahua es lo suficientemente correcto para pronosticar las temperaturas extremas y la precipitación en el estado de Chihuahua. Sin embargo, debe mencionarse que el modelo deberá evaluarse en una segunda etapa, cuando el proceso de asimilación (LITTLE) sea incluido en el sistema implementado para Chihuahua, el pronóstico deberá evaluarse a diversas escalas horizontales (4, 6, 8, 10 y 20 km) y al menos tres verticales (100, 400 y 850 mb), para encontrar una mayor certeza en el pronóstico del tiempo para todo el gradiente orográfico del estado.

De igual forma, se debe considerar que Chihuahua, se encuentra en una zona crítica desde el punto de vista de las barreras orográficas y de los procesos atmosféricos que condicionan el clima de la región, como lo han demostrado Reyes *et al.* (1991) quienes señalan que la región del Vertiente del Golfo de México (donde se encuentra el estado) se deben considerar distintos niveles verticales para el entendimiento de los procesos de circulación atmosférica, al menos durante los tres meses del periodo estival (julio-septiembre).

Cuadro 3. Prueba de eficiencia del modelo MM5.

| Condición | $\sum(X_i - Y_i)^2$ | $\sum(X_i - \bar{X}_i)^2$ | EM |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|------|
| Temperatura a las 15:00 | 1726.8 | 7740.6 | 0.78 |
| Temperatura a las 7:00 | 354.3 | 823.9 | 0.57 |
| Lluvia acumulada (24 h) | 953.01 | 7211.2 | 0.87 |

X_i = Valor observado, Y_i = valor pronosticado con MM5, \bar{X}_i = promedio del valor observado, EM= Eficiencia del modelo.

Conclusiones

El modelo de meso-escala MM5 adaptado para el estado de Chihuahua, logra pronosticar lluvia y temperaturas extremas con exactitud estadística confiable. En términos de coincidencia de eventos pluviométricos, el MM5 presenta una aptitud muy elevada para predecir si durante las próximas 48 lloverá o no, con una mayor certitud en la zona serrana (> 96 %) que en la desértica (entre 86 y 96 % de aciertos), lo que indica que debe seguirse explorando con otras escalas de mallado horizontal y vertical para lograr una mayor confianza. A escala puntual, el modelo MM5 tiende a sobre estimar las lluvias menores de 5 mm y a subestimar las lluvias con rangos entre 6 y 16 mm; para lluvias entre 17 y 25 mm, se presentó una certitud cercana al 100 % de eventos y una subestimación para lluvias mayores a los 26 mm.

Para el caso de temperaturas, el modelo puede sobre o sub estimar las máximas, con rangos extremos entre 11 y -7 °C si se consideran puntualmente los sitios de control. Cuando se considera el total de sitios, a una escala estatal, el modelo produce un promedio de 0.75 °C de sobrestimación en la temperatura máxima, observada a las 15:00 en el mes de julio del 2008. Para extremo frío de las temperaturas, el MM5 puede generar sobrestimaciones de hasta 7 °C, con un promedio para San Juanito de 2.5 °C para temperaturas bajo cero. Los valores de correlación de Pearson para lluvia, fueron muy aceptables (>0.84), indicando una elevada eficiencia del modelo para el pronóstico de lluvia, constatado de igual manera con el valor de EF (0.87); esos valores de correlación en temperaturas extremas se mantuvieron para el caso de las mínimas (0.87), observándose ligeramente menores para el caso de las máximas pero lo suficientemente significantes ($r > 0.4$, con $P < 0.05$) para probar estadísticamente la bondad del MM5. Las pruebas de eficiencia reforzaron la validación del modelo, los valores encontrados de EF

fueron entre 0.57 y 0.78, respectivamente para temperaturas máximas y mínimas.

Se debe contemplar en la adaptación y la validación de otros modelos como el WRF, ETA en un futuro inmediato, que sustenten este pronóstico con MM5, ya que si bien en Chihuahua los mayores desastres, como huracanes y tormentas, no azotan directamente al territorio estatal, sí es muy frecuente tener consecuencias derivadas de tales fenómenos hidrometeorológicos, como inundaciones y oleadas de frío y calor.

Agradecimientos

Al Fondo Mixto del Gobierno del Estado de Chihuahua, por su financiamiento otorgado a través de la convocatoria FOMIX-Chihuahua, 2005.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo otorgado para la realización del presente proyecto, convocatoria FOMIX-CONACYT-2005.

Al Instituto de Ecología, A.C. (INECOL-CEISS) por su apoyo brindado durante la ejecución del proyecto.

Al Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA-UNAM), por el apoyo y consejos recibidos durante la puesta en marcha del MM5 y por la automatización de la operatividad del MM5.

A la gerencia regional de CONAFOR- Río Bravo, por permitirnos el acceso a su red de estaciones automatizadas de clima del programa de incendios forestales en el estado de Chihuahua.

Literatura citada

- CHARNEY, J.G., R. Fjortoft, and J. V. Newman. 1950. Numerical integration of the barotropic vorticity equation, *Tellus*, Vol. 2. 237-254 pp.
- COLLE A., B., J. Kenneth, J. Westric and C.F. Mass, 1999. Evaluation of MM5 and Eta-10 Precipitation Forecasts over the Pacific Northwest during the Cool Season. *Weather and Forecasting*, 14: 137-154
- DAS, SOMESHWAR, 2005. Mountain weather forecasting using MM5 modelling system. *Current Science* 88(6): 899- 905.
- FUENTES, V., A. Jazcilevich, R. Aguirre, A. Wellens, J. Aysa y C. Rivera. 1993. Modelo metropolitano de gestión de la calidad del aire. Reporte técnico, Dirección de Ecología, Gobierno del Distrito Federal. 100 p.

- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Public. UNAM, 1973. 246 p.
- GARCÍA, R. J., 2002, Evaluación de escenarios utilizando el modelo regional de calidad del aire Multiscale Climate Chemistry Model, Tesis de doctorado, pos-grado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica de la UNAM, México. 55-56 pp.
- HERNÁNDEZ, G. R. 1999, Modelación preliminar del campo de viento alrededor de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana. 67 p.
- INEGI, 2004. Síntesis de información geográfica del estado de Chihuahua. DVD, 350 pp.
- JAZCILEVICH, A., A. García and G. Ruiz-Suárez. 2002. A study of air flow patterns affecting pollutant concentrations in the region of Mexico. *Atmospheric Environment*, Vol. 37: 183-193 pp.
- KERBYSON, D.J., J. Kebin and K. Davis. 2007. Analysis of the Weather Research and Forecasting (WRF) Model on Large-Scale Systems. In C. Bischof, M. Bücker, P. Gibbon, G.R. Joubert, T. Lippert, B. Mohr, F. Peters (Eds.), *Parallel Computing: Architectures, Algorithms and Applications*, JNIC.
- KISLOVA, A.V., E.D. Babinab and V.V. Lbedeva. 2008. Evaluation of summer temperature and precipitation forecasts generated by the MM5 model over Central European Russia. *Russian Meteorology and Hydrology*, 33 (7): 424-429.
- LOBATO, S., R. O. Rodríguez y I. Mendoza. 2005. Los usos de los modelos numéricos de mesoescala en México: un ejemplo de aplicación. *Revista Universitaria Digital*, 12 p.
- MAGAÑA, V., J. Pérez-Fernández and J. Méndez-Pérez. 2002. Diagnostic and prognostic of extreme precipitation events in the México basin. *Geofísica Internacional*, Vol. 41: 247-259 pp.
- MAGAÑA, V. 2004. Evaluación de modelos y construcción de capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. 3er informe de proyecto CCA-UNAM-INE.
- MAYER, D.G. and D.G. Buttler. 1993. Statistical validation. *Ecol. Modelling*, 68: 21-32 pp.
- PÉREZ, F. J. 2004. Pronóstico numérico del tiempo para el Valle de México. Tesis de maestría. Centro de Estudios de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México. México D.F. p. 69.
- REYES S., M.W. Douglas, R.A. Maddox, 1991. El monzón del suroeste de Norteamérica (TRAVASON/SWAMP). *Atmósfera* 7: 117-137.
- RICHARDSON, L. 1916. *Weather Prediction by numerical process* (Cambridge: Cambridge University Press. Vol 3. 234 p.
- SALAS, D., 2000, Experimentos numéricos de circulación atmosférica en el Valle de México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México. 45 p.
- STAUFFER, D., and N. L. Seaman, 1990, Use of four-dimensional data assimilation in a limited-area mesoscale model. Part I: Experiments with synoptic-scale data, *Mon. Wea. Review*, Vol. 118, pp. 1250-1277.
- STERN, W., R. Pierrehumbert, J. Sirutis, J. Ploshay and K. Miyakoda, 1986, Recent Development in the GFDL Extended-Range Forecasting System, Short and Medium Range Numerical Weather Prediction (Special Volume of the *Journal of the Meteorological Society of Japan*), Editado por T. Matsuno, 359- 363 pp.
- ZITÁCUARO, A. y E. N. Caetano. 2004. Simulación numérica de la circulación atmosférica en el Valle de México. 539-548 In García-Codron, J.C.; D. C. Liaño, F. A., P. Hernández, G. Pedraja, y R.D. Álvarez. *El Clima entre el mar y la montaña*. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Santander. Cantabria, España. Serie A, N° 4.

Este artículo es citado así:

Reyes-Gómez V. M., D. Núñez-López, O. A. Viramontes-Olivas y V. D. Quiñónez-Quintana. 2010: *Aplicación y evaluación del modelo MM5 para pronóstico de lluvia y temperatura en Chihuahua, México*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 4(1): 21-31.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

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-edaforología 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 Áridas (1995-2005), miembro de la Comisión Scientiphique électoralle 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). Revisor de proyectos de CONACYT (Fondos Mixtos y Sectoriales, SINECYT), evaluador de artículos en revistas nacionales especializadas. Contacto: victor.reyes@inecol.edu.mx, rey.victor@gmail.com

DANIEL NÚÑEZ LÓPEZ. Egresado de la Licenciatura en Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango, con estudios de Maestría en Ciencias Forestales cursados en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Especialista en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica y de Teledetección orientado a la evaluación de recursos naturales. Incorporado desde el año 2001 en el Centro de Investigación Sobre Sequía del Instituto de Ecología A.C. (CEISS-INECOL) desarrollando proyectos de investigación relacionados con incendios forestales en donde generó un modelo cartográfico para identificar el riesgo potencial de incendios forestales en Chihuahua, así mismo contribuyó en la implementación de un sistema de monitoreo de la sequía en el norte de México. Es autor y coautor de artículos científicos indexados, así como de capítulos de libros; ha dirigido varias tesis de licenciatura. Ha participado como especialista invitado en ponencias nacionales e internacionales relacionadas a sequía e incendios forestales. Actualmente es estudiante del programa de Doctorado en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad Autónoma de Nuevo León.

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. 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 DIEGO QUIÑÓNEZ QUINTANA. Egresó de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, como ingeniero en Ecología en el año 2010. Realizó su investigación de tesis de ingeniería en el tema de pronóstico de lluvia y temperatura en Chihuahua, usando el modelo de mesoescala MM5; ha participado como Técnico de Servicios Profesionales en el área de incendios forestales de la Región VI Río Bravo de CONAFOR; también, como Técnico de la Red LTER de México en el área de tratamiento de datos climáticos y como Técnico en el tratamiento de cartografía de sequía en la Región VI Río Bravo, en el marco del proyecto CNA-CONACYT «Implementación de un sistema de Monitoreo de sequías para la RVI del Río Bravo. Tiene participaciones en congresos nacionales e internacionales sobre Ciencias Ambientales, Ecología y productos biotecnológicos.

Influencia del tipo de agregado empleando el método de fractura superficial para la estimación de la resistencia a compresión del concreto

Influence of the aggregate type using the surface fracture method for the estimation of concrete compressive strength

JOSÉ MORA-RUACHO¹, RAUL ARTURO ACOSTA-CHÁVEZ^{1,2}, PERLA IVONNE CORDERO-DE LOS RÍOS¹
Y RAÚL SANDOVAL-JABALERA¹

Recibido: Julio 11, 2009

Aceptado: Febrero 8, 2010

Resumen

La evaluación de la infraestructura de los países se ha convertido en tema de mucha relevancia. Su mantenimiento y construcción se lleva buena parte del P.I.B. En las últimas cinco décadas, han aparecido con vigor, métodos y técnicas para la evaluación de estructuras de concreto en el lugar, los cuales resultan ser relativamente de operación compleja, alto costo de operación y dilatada obtención de resultados. En base a esto, el *método de fractura superficial* (Método y elementos con derechos registrados de Patente) es una técnica propuesta concebida para estimar la resistencia del concreto considerando una operación sencilla, bajo costo de operación y una rápida obtención de resultados. La técnica determina el torque máximo necesario para provocar una falla en un ranurado elaborado sobre la superficie del elemento, relacionando así el torque con la resistencia del concreto. El objeto de este estudio fue el realizar una evaluación de la técnica propuesta por medio de la determinación del torque y la resistencia a compresión de forma estandarizada en concretos de diferentes resistencias y tres tipos de agregados. Los resultados de este estudio demuestran que con la técnica propuesta se tiene una rápida obtención de resultados y unos coeficientes de variación similares cuando se comparan con algunos métodos existentes, así como también una alta correlación entre la resistencia a compresión y el torque de los concretos ensayados. La técnica propuesta puede ser de uso potencial en la estimación de resistencia del concreto considerando su sencillez de aplicación, bajo costo y rápida obtención de resultados.

Palabras clave: fractura superficial, torque, resistencia a compresión del concreto, pruebas en el lugar.

Abstract

The evaluation of infrastructure has been of relevant interest for many countries. Maintenance and construction are an important part of the G.D.P. Five decades ago, it has been issued methods and techniques for the evaluation of on-site concrete structures. They are characterized relatively as of complex operation, high cost and long-time obtaining of results. Based on the above comments, the *surface fracture method* (Method and elements with patent rights reserved) is a proposed technique for the estimation of concrete strength considering an easier operation, lower operation cost and quick obtaining of results. The technique determinates a maximum torque to achieve a failure in a crossed-slots arrangement made on the surface of the element, thus relating the torque with the concrete strength. The objective of this study was to perform an evaluation of the proposed technique by means of the torque determination and the concrete strength in standardized form with concretes of different strengths and three types of aggregate. The results of this study show that it is possible to obtain quick results and similar coefficients of variation when compared with some existing methods as well as a high correlation between the compressive strength and torque for the tested concretes. The proposed technique can be of potential use in the concrete strength estimation considering the simplicity of operation, lower cost and quick obtaining of results.

Keywords: surface fracture, torque, concrete strength, in-place tests.

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, Nuevo Campus Universitario S/N, Apartado Postal 1528 «C», 31160 Chihuahua, Chih. México.

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

Introducción

La deterioración de la infraestructura se ha convertido en un tema central en muchos países. Por ello, la evaluación se ha convertido en eje de referencia citado para la condición de la infraestructura. Desde los años sesentas, se ha comenzado a distinguir el aumento de métodos y técnicas relacionadas con la evaluación de estructuras de concreto.

Algunos métodos no destructivos se emplean para estimar la resistencia a compresión del concreto por medio de un parámetro conocido, determinado tanto en el sitio o en el laboratorio, y la resistencia a compresión. Ya sea por su simple manejo y rápida obtención de los resultados, los métodos tales como el rebote y penetración (Bungey *et al.*, 1996; Malthotra *et al.*, 2004) son los más utilizados. Ambos métodos utilizan la energía cinética producida por el impacto sobre la superficie. La base teórica de estos métodos, es que la energía absorbida se relaciona con la resistencia a compresión y rigidez del concreto. Puesto que es posible en dos mezclas de concreto el tener la misma resistencia pero diferente rigidez o viceversa (Comité ACI 228, 1998), se podrían notar diferencias en los resultados obtenidos debido a estos factores. Entonces, mientras estas pruebas son simples de llevar a cabo, existen numerosos factores que influyen los resultados. Para los métodos de rebote, las normas ASTM C 805 (2002) y BS 1881 Parte 202 (1986) y en los métodos de penetración, las normas ASTM C 803 (2002) y BS1881 Parte 207 (1986), se identifican los factores que influyen la validez de estos métodos. Tales factores son la rugosidad, restricción mecánica en los bordes del espécimen (sobre todo si es de dimensiones pequeñas) y el problema de llevar a cabo la prueba en concretos con acero de refuerzo con un recubrimiento menor a 20 mm. Otro problema es el escoger el punto de prueba correcto para evitar el golpear el acero de refuerzo (como el caso del método de penetración). A diferencia de la energía de impacto usada en los métodos mencionados anteriormente, algunos otros métodos como el *pull-off* (Long *et al.*, 2000), sujetan al espécimen a una carga estática; este hecho excluye

muchos de los factores relacionados con el impacto y rigidez mencionados anteriormente. El método de fractura superficial presentado en este artículo se caracteriza por su simplicidad en la configuración y operación del método junto con la obtención rápida de resultados.

El método de fractura superficial, es una técnica propuesta para estimar la resistencia a compresión del concreto. El método determina el máximo torque que lleva a la falla un arreglo de ranurado en forma de cruz elaborado sobre la superficie del material. El torque resultante se puede relacionar con la resistencia a compresión del material.

El objeto de este estudio es de evaluar la validez del método a través de ensayos llevados a cabo en laboratorio. Tales ensayos comprenden la determinación del parámetro de torque por el método propuesto y por otro lado la determinación de la resistencia a compresión de forma estandarizada en concretos de diferentes resistencias a compresión y tres tipos de agregados gruesos. Los artífices de la validez del método fueron la comparativa del coeficiente de variación del parámetro de torque con valores actuales de distintos métodos existentes y la correlación del torque frente a la resistencia a compresión del concreto.

Materiales y métodos

Materiales. Se elaboraron siete diferentes mezclas de concreto con una resistencia a los 28 días de edad de 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 MPa, cada serie de estas resistencias con agregado grueso redondeado, triturado y reciclado, respectivamente. El agregado fino utilizado fue arena de río y el agregado grueso, ya mencionado, tuvo un tamaño máximo de 19 mm respectivamente. Asimismo, el cemento

fue del tipo Portland, mexicano CPC 30R. El superplastificante fue del tipo etoxilato no-iónico y el agua de mezclado fue tomada de la red citadina. Las dosificaciones de las mezclas de concreto se muestran en el Cuadro 1 y se fabricaron de acuerdo al criterio de la Asociación del Cemento Portland (Kosmakta *et al.*, 2002).

Método. La descripción del método de fractura superficial y el programa experimental, se describen a continuación.

La descripción del método de fractura superficial se describe en un trabajo presentado anteriormente (IBRACON 2008).

Programa Experimental. La experimentación en laboratorio se realizó de la siguiente forma: Se elaboraron tres probetas cilíndricas estándar de 152 mm de diámetro x 305 mm de altura para obtener la resistencia a compresión. Por otro lado, se elaboró una probeta prismática estándar de 152 x 152 x 508 mm para la determinación del parámetro de torque utilizando el método de fractura superficial. Las probetas cilíndricas y la prismática estándar se elaboraron de una misma mezcla de concreto.

Preparación y ensayo. Las mezclas de concreto se elaboraron mediante una revolvedora del tipo común, de las usadas en

obra. El llenado, compactación y curado de las probetas estándar se realizó siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C 192 (1998). Cuando se completaron los 28 días, los especímenes fueron preparados y ensayados. Para la obtención del parámetro de torque, se elaboraron tres ranurados espaciados entre sí, equitativamente sobre la superficie de cada probeta prismática. El valor de torque se obtuvo tomando la media de los tres ranurados ensayados. El tiempo aproximado que se tomó en la elaboración, limpieza y ensayo de cada ranurado fue de tres minutos aproximadamente. Por otro lado, el ensayo de resistencia a compresión llevado a cabo sobre las probetas cilíndricas estándar se hizo de acuerdo a la norma ASTM C 39/39M (1999). La resistencia a compresión se obtuvo de la media de tres probetas ensayadas.

Resultados y discusión

Variabilidad. Los resultados de torque y resistencia a compresión de los concretos ensayados, se muestran en el Cuadro 2.

En general, se observa la proporcionalidad entre el torque y la resistencia a la compresión. En los concretos con grava redondeada, la media del torque varió de 9.1 a 36.1 N·m y los

Cuadro 1. Dosificación de mezclas de concreto.

| Resistencia a 28 días, MPa | a/c | Dosificación Respectiva | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------|-------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|--------|--------------------------------------|-------|------|
| | | Agua, kg/m ³ | | | Cemento, kg/m ³ | | | Agregado grueso, kg/m | | | Agregado fino, kg/m ³ | | | Superplastificante, l/m ³ | | |
| | | Red. | Trit. | Rec. | Red. | Trit. | Rec. | Red. | Trit. | Rec. | Red. | Trit. | Rec. | Red. | Trit. | Rec. |
| 10 | 0.89 | 180.0 | 205.0 | 181.0 | 202.7 | 230.9 | 203.4 | 899.4 | 943.8 | 957.3 | 1079.8 | 908.9 | 1005.5 | 1.3 | 1.5 | 1.4 |
| 15 | 0.78 | | | | 231.4 | 263.5 | 232.1 | | | | 1054.0 | 881.7 | 981.2 | 1.5 | 1.7 | 1.6 |
| 20 | 0.68 | | | | 265.5 | 302.4 | 266.2 | | | | 1023.4 | 849.4 | 952.2 | 1.7 | 2.0 | 1.9 |
| 25 | 0.59 | | | | 306.2 | 348.7 | 306.2 | | | | 986.8 | 810.9 | 917.8 | 2.0 | 2.3 | 2.2 |
| 30 | 0.51 | | | | 354.4 | 403.6 | 348.1 | | | | 943.5 | 765.2 | 882.7 | 2.3 | 2.6 | 2.5 |
| 35 | 0.44 | | | | 411.1 | 468.1 | 393.5 | | | | 892.6 | 711.5 | 844.2 | 2.7 | 3.0 | 2.9 |
| 40 | 0.38 | | | | 476.3 | 542.5 | 438.9 | | | | 834.0 | 649.7 | 805.7 | 3.1 | 3.1 | 3.3 |

Red.=Redondeado, Trit.=Triturado, Rec.=Reciclado

coeficientes de variación variaron de 0.04 a 0.20. En los concretos con grava triturada, la media del torque varió de 7.8 a 22.8 N-m con coeficientes de variación en el rango de 0.01 a 0.11. Para el caso de los concretos con grava reciclada los valores del torque se situaron en el rango de 7.8 a 22.8 N-m con sus coeficientes de variación en el rango de 0.04 a 0.11.

Las diferencias observadas en las magnitudes de torque para los agregados empleados, sugieren que el tipo de agregado, las condiciones físicas del ensayo en los ranurados y factores debidos a la operación del equipo durante los ensayos influenciaron tales resultados.

Como se puede observar, la media de todos los concretos fue cercana a los valores esperados de resistencia a compresión en todos los concretos. El coeficiente de variación (desviación estándar/media) varió de 0.01 a 0.06 para los concretos con grava redondeada, 0.04 a 0.08 para los concretos con grava triturada y 0.04 a 0.13 para los concretos con grava reciclada. El límite superior del coeficiente de variación para grava redondeada fue ligeramente mayor que el límite reportado por la norma ASTM C39/C39M (1999), la cual

especifica un valor de 0.078 como aceptable; sin embargo, para el concreto con agregado reciclado el límite superior de ese rango de valores, sobrepasa tal valor especificado.

Comparación con métodos existentes. La media de los coeficientes de variación resultantes por el método de fractura fue de 0.10 para los concretos con grava redondeada, 0.08 para aquellos con grava triturada y 0.11 para aquellos concretos con grava reciclada. La Figura 1 muestra una comparativa del método de fractura con otros existentes.

Cuando se comparan estos coeficientes con otros métodos existentes, encontrados en la literatura (Tomsett, 1980; Bungey, 1981; Concrete Society, 1987), cuyo rango de valores de coeficiente de variación está de 0.025 a 0.16, se observa que los coeficientes de variación del método propuesto se encuentran dentro del rango de estos valores, lo cual puede dar al método una fuerte validez como estimador de resistencia.

Correlación. La correlación del torque respecto a la resistencia a compresión en concretos con grava redondeada, triturada y reciclada se muestran en la Figura 2.

Cuadro 2. Resultados del torque y resistencia a compresión.

| Resistencia, MPa | Torque | | | | | | Resistencia a compresión | | | | | |
|------------------|------------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|--------------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | Grava redondeada | | Grava triturada | | Grava reciclada | | Grava redondeada | | Grava triturada | | Grava reciclada | |
| | Media, N-m | C.V.* | Media, N-m | C.V. | Media, N-m | C.V. | Media, MPa | C.V. | Media, MPa | C.V. | Media, MPa | C.V. |
| 10 | 9.1 | 0.13 | 7.8 | 0.07 | 7.8 | 0.07 | 11.1 | 0.02 | 11.5 | 0.05 | 11.5 | 0.05 |
| 15 | 13.9 | 0.09 | 10.1 | 0.01 | 10.1 | 0.10 | 14.2 | 0.05 | 15.2 | 0.08 | 15.2 | 0.13 |
| 20 | 16.3 | 0.07 | 15.4 | 0.05 | 15.4 | 0.05 | 19.2 | 0.06 | 21.5 | 0.07 | 21.5 | 0.07 |
| 25 | 17.9 | 0.08 | 15.8 | 0.11 | 15.8 | 0.11 | 26.1 | 0.01 | 24.7 | 0.06 | 24.7 | 0.06 |
| 30 | 18.5 | 0.20 | 20.9 | 0.09 | 20.9 | 0.09 | 29.0 | 0.02 | 33.1 | 0.04 | 33.1 | 0.04 |
| 35 | 24.0 | 0.10 | 21.7 | 0.10 | 21.7 | 0.10 | 35.2 | 0.03 | 36.1 | 0.08 | 36.1 | 0.13 |
| 40 | 36.1 | 0.04 | 22.8 | 0.04 | 22.8 | 0.04 | 40.5 | 0.03 | 41.5 | 0.08 | 41.5 | 0.08 |

*Coeficiente de variación

Figura 1. Comparación del método de fractura superficial con otros métodos existentes.

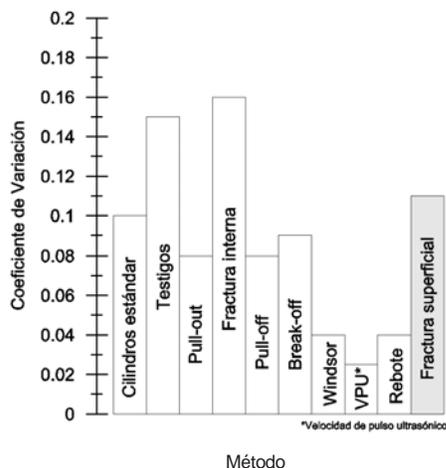
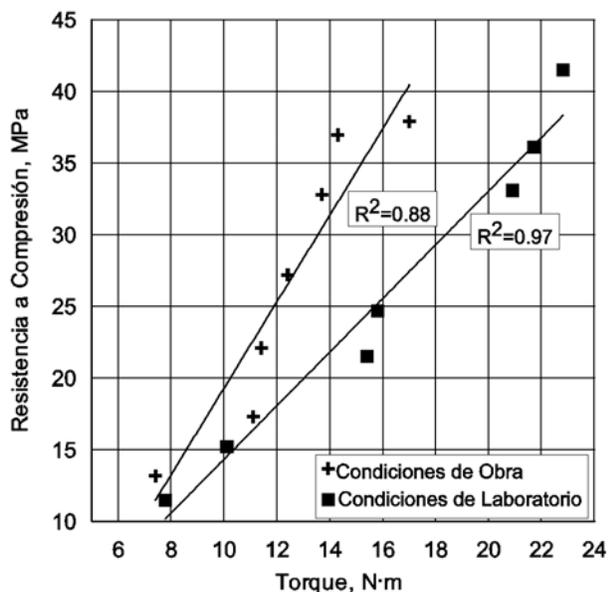


Figura 2. Correlación del torque vs resistencia a compresión en los concretos ensayados.



El coeficiente de correlación R^2 fue de 0.85 para los concretos con grava redondeada, 0.96 para aquellos con grava triturada y 0.87 para

aquellos con grava reciclada. Estos valores pueden considerarse buenos indicadores en la estimación de la resistencia utilizando el método de fractura superficial. Sin embargo, se puede esperar que las diferencias entre los coeficientes de correlación para los concretos con distintos tipos de agregados sean el resultado del tipo de agregado usado, además de desventajas intrínsecas del método.

Conclusiones

En este trabajo se ha evaluado el método de fractura superficial. Se ha obtenido el parámetro de torque el cual se puede relacionar con la resistencia del concreto. De este estudio se puede concluir lo siguiente:

Los elementos más notorios en la justificación del uso del método descansan en: su sencillez de operación, que lo hace idóneo para cualquier tipo de estructura a evaluar; su bajo costo de operación, derivado de su sencillez, que lo haría atractivo en cualquier mercado; y por último, su rápida obtención de resultados, lo que complementa su ventaja con relación a los demás métodos ya existentes.

La comparación de la técnica propuesta frente a otros métodos resalta en similitud respecto a sus coeficientes de variación y la correlación del torque y la resistencia a compresión del concreto.

Para la interpretación de los resultados, el método habrá de tomar en cuenta el tipo de agregado, puesto que los resultados obtenidos tienen importancia relevante en los agregados ensayados.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar parte de este trabajo. De igual forma, se desea agradecer a la Facultad de Ingeniería de la U.A.CH. y a COPRECHISA por los materiales donados.

Referencias

- ACI, Comité 228, In-place Methods for Determination of Strength of Concrete, ACI 228.1R-95, American Concrete Institute, Detroit, 1998.
- ASTM C 192, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory, Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA. 2007.
- ASTM C 39/C 39M, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA. 2009.
- ASTM C 803-02, Standard Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA. 2003.
- ASTM C 805-02, Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA. 2003.
- BS 1881: Part 202-86, Recommendations for Surface Hardness Testing by Rebound Hammer, British Standards Institution, Londres, 1986.
- BS 1881: Part 207-86, Recommendations for the Assessment of Concrete Strength by Near-to-Surface Tests, British Standards Institution, Londres, 1986.
- BUNGEY, J. H., Concrete Strength Variations and In-place Testing, en: Proceedings of the 2nd Australian Conference on Engineering Materials, South Wales, (1981), pp. 85-96.
- BUNGEY, J. H., Millard S. G., Testing of Concrete in Structures, Chapman and Hall, Blackie Academic & Professional, Glasgow, 1996, p. 33.
- BUNGEY, J. H., Millard, S. G., Testing of Concrete in Structures, Chapman and Hall, Blackie Academic & Professional, Glasgow, 1996, p. 75.
- «CONCRETE CORE TESTING FOR STRENGTH», Technical Report 11, Concrete Society, Londres, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, « Método da fratura superficial para estimativa da resistência a compressão do concreto », Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto, Septiembre 2008. Bahía Brasil.
- LONG, A. E., HENDERSON, G. D., Montgomery, F. R., Why Assess the Properties of Near-surface Concrete?, en: P.A.M. Basheer Eds., Near-Surface Testing for Strength and Durability of Concrete, Fifth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, Special Proceedings. Barcelona, (2000), pp. 12,
- MALHOTRA, V. M., Carette, G. G., Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, Ed. V. M. Malhotra and N. J. Carino, CRC Press, West Conshohocken, PA, 2004, p. 1.3.
- MALHOTRA, V. M., Carette, G. G., Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, Ed. V. M. Malhotra and N. J. Carino, CRC Press, West Conshohocken, PA, 2004, p.2.2.
- S.H. KOSMATKA, B. Kerkoff, W.C. Paranesse, Design and Control of Concrete Mixtures, (Portland Cement Association, Skokie Illinois, 2002), p. 149.
- TOMSETT, H. N., «Ultrasonic Pulse Velocity Measurements in the Assessment of Concrete Quality», Magazine of Concrete Research, 32, 110, (1980), pp. 7-16. 

Este artículo es citado así:

Mora-Ruacho J., R. A. Acosta-Chávez, P. I. Cordero-De los Ríos, R. Sandoval-Jabalera. 2010: *Influencia del tipo de agregado empleando el método de fractura superficial para la estimación de la resistencia a compresión del concreto*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 4(1): 32-38.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

JOSÉ MORA RUACHO. Terminó su licenciatura en 1994. En 1997 le fue otorgado el título de Ingeniero Civil por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), donde obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería en el área de Vías Terrestres en 1997 y el grado de Doctor Ingeniero en Caminos Canales y Puertos en el área de Tecnología del Concreto en 2002 por la Universitat Politècnica de Catalunya en Barcelona, España. Desde 2002 labora en la Facultad de Ingeniería de la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2004 (candidato 2004-2007). Su área de especialización es la tecnología del concreto, concreto a edades tempranas y ensayos no-destructivos. Ha dirigido 25 tesis de licenciatura y 10 de maestría. Es autor de aproximadamente 40 artículos científicos, más de 10 ponencias en Congresos Nacionales e internacionales y 2 libros científicos. Ha participado en 2 proyectos de investigación internacionales y 7 internos. Es miembro de Comités Científicos y Colegios, como el American Concrete Institute, International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials Systems and Structures (RILEM), American Society for Testing and Materials y el Colegio de Ingenieros Civiles de Chihuahua. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y ha sido árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional.

RAÚL ARTURO ACOSTA CHÁVEZ. Maestro en Sistemas de Información por la Facultad de Contaduría y Administración UACH. (2001-2003) e Ingeniero en Sistemas Computacionales Opción Hardware por la Facultad de Ingeniería UACH. (1992-1997). Actualmente Maestro de Tiempo Completo Facultad de Ingeniería de la UACH. Ha desempeñado puestos como: Encargado de Laboratorios, Jefe de Soporte Técnico y Encargado de Redes y Soporte técnico. (Junio-1998 a Agosto de 2005) Departamento de Soporte Garantías, MEXMAL Chihuahua - Soporte Técnico (Empresa proveedora de piezas de cómputo) Atención: Ing. Javier Contreras Campos (Junio-1997 a Febrero-1998) Grupo Delphi - Asesor Técnico. Atención: Ing. Gabriel Amado González Castañeda. (Feb-1995 a Marzo-1997) Imparte diversas cátedras en la Facultad de Ingeniería de la U.A.Ch. (Enero-2001 a la Fecha). Ha participado en Congresos Nacionales e Internacionales, además de contar con diversas publicaciones. Cuenta con el Perfil PROMEP desde el 2008. Formó parte del cuerpo académico de Ciencias en la Computación (UACH-CA-97) y cultivó la línea de investigación de automatización de procesos de fabricación y Análisis y Diseño del proceso de desarrollo de software. Ha sido responsable y colaborador de diversos proyectos de investigación internos de la Facultad de Ingeniería de la U.A.Ch.

PERLA IVONNE CORDERO DE LOS RÍOS. Es Ingeniero en Sistemas Computacionales en Hardware desde el 1999 y estudió la maestría en Sistemas de Información en el 2004 en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se ha desempeñado como maestro-investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería desde el 2004, impartiendo diversas cátedras de licenciatura. Cuenta con el perfil PROMEP desde el 2009. Fue miembro del cuerpo académico de Ciencias en la Computación (UACH-CA-97) y cultivó la línea de investigación de automatización de procesos de fabricación y Análisis y Diseño del proceso de desarrollo de software. Ha sido responsable y colaborador de diversos proyectos de investigación internos de la Facultad de Ingeniería de la U.A.Ch y ha participado como ponente en Congresos Nacionales e Internacionales y en publicaciones de artículos científicos y de divulgación como autora y coautora.

Análisis del proceso de fabricación de cuellos de camisa

Analysis of the collars manufacturing process

RAFAEL LUNA-PUENTE^{1,4}, JUAN DARÍO GUERRERO-AGUIRRE², EDUARDO CONTRERAS-AMEZQUITA²
Y EMANUEL MORENO-VILLANUEVA³

Resumen

Se implementó un método para disminuir las pérdidas en la fabricación de cuellos para playeras tipo polo en una empresa textilera independiente. Las pérdidas son ocasionadas por el desperdicio de hilo, considerando que dicha fabricación se realiza mediante un programador de una máquina de tejido que requiere de cuatro dígitos para su programación. (Punto Atrás Derecha, Punto Frente Derecha, Punto Atrás Izquierda, Punto Frente Izquierda).

La máquina de tejido consta de dos carros, identificados como izquierdo y derecho, de ahí la nomenclatura anterior, se considera la misma velocidad, así como la misma distancia, longitud y a su vez la misma cantidad de agujas en ambos carros, con la finalidad de incrementar la producción al doble. Tras un análisis de la programación de la máquina se optó por seleccionar el diseño factorial 2^k , el cual permite optimizar la operación de un proceso mediante variables controlables. El análisis arrojó las combinaciones óptimas de programación del equipo, garantizando que los cuellos cubran las características establecidas por el cliente, eliminando a la vez los desperdicios de materia prima. Los resultados arrojados por este diseño permitieron encontrar el punto óptimo de fabricación con el cual se obtiene menor diferencia entre los productos manufacturados; tanto por el carro derecho, como por el carro izquierdo de la máquina. La metodología de análisis del proyecto se fundamenta en el principio de diseño de experimentos, el cual consiste en el estudio de las variables controlables, debido a que estas se pueden manipular bajo ciertas características, con la finalidad de optimizar un proceso. La aplicación del diseño de experimentos a este problema real permitió conocer mejor el proceso estudiado; así como comprender e interpretar los resultados obtenidos.

Palabras clave: Manufactura de cuellos, maquinaria, carro de fabricación, variable y factores controlables.

Abstract

A method to reduce losses in the manufacture of collars for shirts in an independent textile company was implemented. The losses are caused by the waste of thread, considering that the manufacturing is done by a programmer of a tissue machine requires four digits to be programmed. The tissue machine has two cars, identified as left and right, hence the nomenclature, it is considered the same speed, distance, length and number of needles in both cars, with the aim of doubling production. The team that created the necks is composed of two production cars, one on the right side of the machine and another on the far left of it, which move horizontally on a bench, both at the same rate as length the same distance. For his performance must use the same amount of needles in both cars, this to produce two products simultaneously. After the machine programming analysis, a 2^k factorial design was chosen, which allowed optimizing the operation of a process controlled variables. The analysis showed the best combination of machine programming, ensuring that the necks meet the parameters set by the client, while also reducing waste of raw material. With the results from this design allowed finding the optimum point of manufacture with the smallest difference between manufactured products, both for the car right as the car left the machine. The methodology of the project is based on the principle of design of experiments, which is the study of controllable variables, than can be manipulated under certain characteristics, in order to optimize a process. The application of experimental design to a real problem provided further insights into the studied process and to understand and interpret the results.

Keywords: Manufacturing collars, machinery, making shopping, variable, controllable factors.

¹ Escuela de Estudios Superiores del Bajío, A.C. y Profesor de Asignatura en la Universidad Tecnológica del Suroeste del Estado de Guanajuato

² Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de 9º Semestre de la Escuela de Estudios Superiores del Bajío, A.C. ESIABAC, Leona Vicario No. 910, Fraccionamiento El Durazno, Salamanca, Gto. Tel. 01 464 6411444.

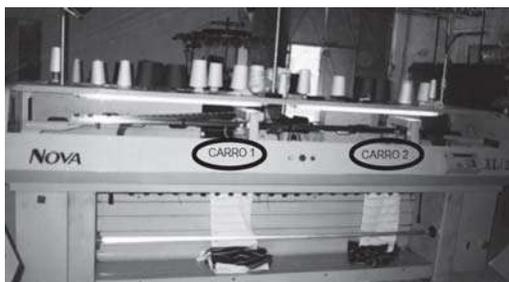
³ Universidad Tecnológica del Suroeste del estado de Guanajuato (Revisor) Carretera Valle Huanímaro Km 1.2, Valle de Santiago, Gto. C.P. 38400 Tel. 01 456 64 37180 ext. 103.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: rafael_luna49@hotmail.com

Introducción

Este análisis se enfoca en obtener una estandarización del proceso de fabricación de cuellos para camisa, que permita eficientizar la materia prima de su confección. Actualmente el equipo destinado a la elaboración de cuellos para camisas tiene defectos de fabricación, que ocasionan que el producto sea rechazado por normas de calidad estimadas por el cliente, el carro de fabricación derecho elabora los cuellos bajo las especificaciones del cliente; en cambio, en el carro izquierdo se tiene una variación significativa en el producto terminado que hace que el producto no cumpla con las especificaciones requeridas (Figura 1).

Figura 1. Máquina de tejido de dos carros.



El objetivo de este estudio fue determinar y estandarizar la configuración más eficiente de la máquina para la elaboración de cuellos para playeras mediante el diseño experimental.

Materiales y métodos

La presente investigación fue realizada en la ciudad de Yuriría, Guanajuato, en una empresa local cuya razón social se encuentra en trámite, durante el periodo enero-octubre de 2009, mediante el análisis de diseño de experimentos elaborados a través del programa Stat Graphics, en su versión 5.0.

Para el desarrollo del análisis experimental se realizaron los siguientes procedimientos:

1.- Variables de respuesta. A través del estudio y análisis llevado a cabo por parte del fabricante y operario, se determinó que la variable que afecta la calidad del producto final no es la velocidad en los carros o la tensión en el hilo; estas variables no determinan la calidad óptima del producto. Por ejemplo, incrementar la velocidad en los carros únicamente va a lograr que el equipo trabaje más rápido de lo normal, y una mayor tensión en el hilo provoca que se rompa y se interrumpa la operación. Se

determinó que la variable de respuesta para obtener un cuello con óptimas condiciones de calidad, es el largo y ancho de la puntada del cuello, aunque cabe mencionar que para este diseño se analizó el ancho y largo del punto, pues son los factores que el operario controla y le permite modificar el proveedor. (Ver proceso de medición).

2.- Factores controlables. Son variables de proceso o variables de entrada que se pueden fijar en un punto o en un nivel de operación. Para el caso de este experimento los factores controlables son: velocidad en los carros y tensión en los hilos.

3.- Factores estudiados. Son variables que se estudian para ver cómo influyen o afectan a las variables de respuesta. En el desarrollo de este experimento se consideran como factores estudiados PF (Punto de frente) y PA (Punto de atrás) del carro de fabricación, el cual tiene dos movimientos, uno hacia la derecha y otro hacia la izquierda, obteniendo finalmente cuatro factores a estudiar para el análisis. PF Derecho, PA Izquierdo, PF Izquierdo, PA Derecho (Figura 2).

Figura 2. Factores considerados en el análisis de variables.



Obtención de pruebas

A continuación se presentan las diferentes formas para obtención de los datos utilizados en este trabajo.

Aleatorización. Consiste en hacer las corridas experimentales en orden aleatorio y con material seleccionado también aleatoriamente. Este principio asegura que las pequeñas diferencias provocadas por materiales, equipo y todos los factores no controlables, se reparten de manera homogénea en todos los tratamientos.

Repetibilidad. Se refiere a correr más de una vez un tratamiento combinado de factores dado. Se fabricaron tres muestras iguales de cada posible combinación, las cuales arrojaron 48 corridas en total, es decir, una muestra con dos réplicas de cada combinación.

Bloqueo. Consiste en tomar en forma adecuada todos los factores que puedan afectar la respuesta observada. Una vez obtenidas todas las corridas se agrupan con respecto al orden en que fueron fabricadas, es decir, en forma de bloques de orden de elaboración.

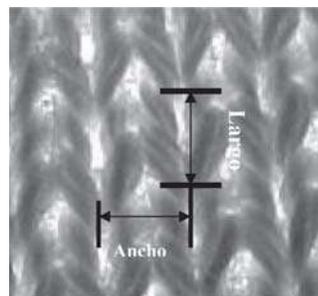
Selección del diseño de experimento. Para el experimento se optó por seleccionar el *Diseño para Optimización de Procesos* en un diseño factorial 2^k , el cual permite optimizar la operación de un proceso con variables controlables.

Proceso de medición

Una vez elaborados los cuellos, estos fueron medidos en el laboratorio de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato (UTSOE). Para ello se consideró el ancho y alto del punto en el análisis (Figura 3).

Para el desarrollo del análisis dimensional, las muestras fueron analizadas con un comparador óptico y microscopio electrónico. Se encontraron variaciones en sus dimensiones (Cuadro 1).

Figura 3. Características del punto de costura sobre la prenda la prenda



Cuadro 1. Resultado de las medidas en cada prueba (mm).

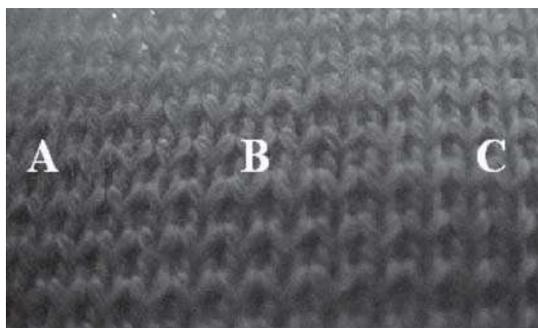
| Prueba | Medida A | | Medida B | | Medida C | |
|--------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | Alto | Ancho | Alto | Ancho | Alto | Ancho |
| 1 | 1.758 | 1.239 | 1.514 | 1.632 | 1.744 | 1.658 |
| 1.1 | 1.447 | 1.442 | 1.676 | 1.686 | 1.604 | 1.252 |
| 1.2 | 1.554 | 1.549 | 1.635 | 1.554 | 1.684 | 1.392 |
| 2 | 1.363 | 1.441 | 1.855 | 1.656 | 1.738 | 1.545 |
| 2.1 | 1.449 | 1.518 | 1.848 | 1.607 | 1.928 | 1.596 |
| 2.2 | 1.858 | 1.488 | 1.779 | 1.618 | 1.914 | 1.068 |
| 3 | 1.593 | 2.802 | 1.786 | 1.700 | 1.640 | 1.628 |
| 3.1 | 1.854 | 1.502 | 1.712 | 1.663 | 1.662 | 1.411 |
| 3.2 | 1.585 | 1.573 | 1.744 | 1.781 | 1.423 | 1.613 |
| 4 | 1.808 | 1.417 | 1.658 | 1.741 | 1.495 | 1.541 |
| 4.1 | 1.794 | 1.624 | 1.982 | 1.738 | 1.739 | 1.699 |
| 4.2 | 1.575 | 1.534 | 1.819 | 1.688 | 1.659 | 1.492 |
| 5 | 1.786 | 2.454 | 1.988 | 1.911 | 1.966 | 1.519 |
| 5.1 | 1.788 | 1.590 | 2.173 | 1.467 | 1.860 | 1.927 |
| 5.2 | 1.707 | 1.590 | 1.052 | 1.616 | 1.842 | 1.636 |

Donde:

- 1.- Prueba 1
- 1.1.- Primer réplica de la prueba 1 (réplica 1)
- 1.2.- Segunda réplica de la prueba 1 (réplica 2) y así sucesivamente.

El alto y ancho se refiere a lo alto y ancho del punto de costura. Aquí se manejan los datos en forma abreviada, considerados como medida A, B y C, que se obtuvieron de la siguiente forma: Para el valor de A se tomó a partir de 1 in del extremo izquierdo hacia el centro, el dato B se consideró a partir del centro de la prenda, y el dato C a 1 in del extremo derecho hacia el centro (Figura 4).

Figura 4. Método para la recopilación de datos.

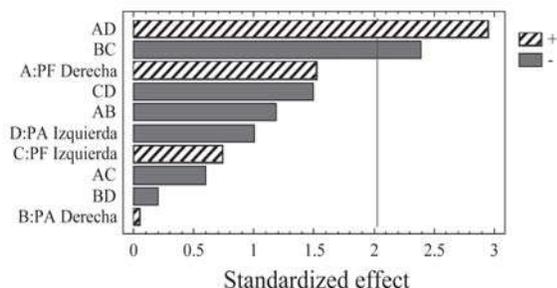


Análisis de los resultados

Para el análisis se compararon los resultados de las muestras hechas por el carro derecho como el carro izquierdo, se dedujo que era necesario obtener un promedio de los resultados arrojados en cada muestra, esto con el fin de encontrar las variables de respuesta óptimas. Estos datos se procesaron en el programa Stat Graphic's dando como resultado los siguientes diagramas:

Diagrama de Pareto Alto del Punto. Aquí se pueden apreciar cuáles son los factores más significativos para el proyecto, se muestra que los más significativos para el análisis realizado fueron las combinaciones AD y BC (Figura 5).

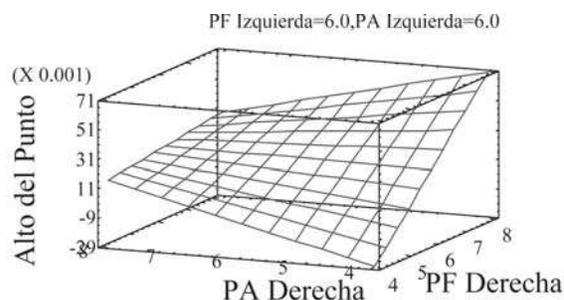
Figura 5. Diagrama de Pareto Estandarizado para el alto del punto.



Estimación de la superficie de respuesta para el Alto del Punto. En la gráfica tridimensional se puede observar la tendencia

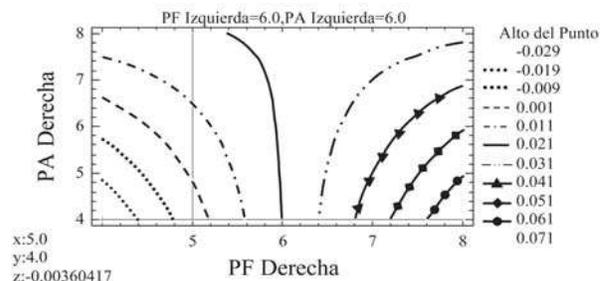
de los valores y puntos más elevados, así como la fluctuación de los valores, muestra los efectos principales del análisis (Figura 6).

Figura 6. Estimación de la superficie de respuesta.



Contornos de la superficie de respuesta para el alto del punto. Muestra el punto óptimo para el análisis, cabe mencionar que el valor de optimización mínimo que marca el programa es la coordenada (4, 4, 6, 6), aunque para efecto del análisis que solicita el proveedor, el punto en que el alto del punto es aproximadamente igual a cero es (5, 4), así que es considerado el punto óptimo para el proyecto (Figura 7).

Figura 7. Gráfica de contornos de la superficie de respuesta.



Análisis de varianza para el alto del punto. En la tabla siguiente se presenta el análisis de varianza para el alto de punto.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el alto del punto.

| Origen | Suma de los cuadrados | Df | Promedio de los cuadrados | F-Ratio |
|----------------|-----------------------|----|---------------------------|---------|
| A:PF Derecha | 0.0374642 | 1 | 0.0374642 | 2.31 |
| B:PA Derecha | 0.0000350208 | 1 | 0.0000350208 | 0.00 |
| C:PF Izquierda | 0.00882919 | 1 | 0.00882919 | 0.54 |
| D:PA Izquierda | 0.0160235 | 1 | 0.0160235 | 0.99 |
| AB | 0.0225767 | 1 | 0.0225767 | 1.39 |
| AC | 0.00561169 | 1 | 0.00561169 | 0.35 |
| AD | 0.140509 | 1 | 0.140509 | 8.67 |
| BC | 0.0921377 | 1 | 0.0921377 | 5.69 |
| BD | 0.000638021 | 1 | 0.000638021 | 0.04 |
| CD | 0.035916 | 1 | 0.035916 | 2.22 |
| Blocks | 0.0889396 | 2 | 0.0444698 | 2.74 |
| Total error | 0.567145 | 35 | 0.0162041 | |
| Total (corr.) | 1.01582 | 47 | | |

R-ajustado = 44.169 %
 R-ajustados (ajustado según d.f.) = 29.0796 (error estándar)
 Est. = 0.127295 %
 Error absoluto = 0.0811571
 Estadística de Durbin-Durbin-Watson = 2.61332
 Auto correlación residual del retraso (P=0.0063) 1 = -0.313014

La tabla de ANOVA reparte la variabilidad en el alto del punto en los partes separadas para cada uno de los efectos (Cuadro 2). Por lo tanto, prueba la significación estadística de cada efecto comparando el cuadrado contra una estimación del error experimental. En este caso, dos efectos tienen P-valores menos de 0.05, indicando que son perceptiblemente diferentes a partir de cero en el nivel de confianza 95.0 %. La estadística R-ajustada es 44.169 % de la variabilidad en el alto del punto. La estadística R-ajustada (ajustada), que es más conveniente para comparar modelos con diversos números de variables independientes, es 29.0796 %.

El error estándar de la estimación demuestra la desviación estándar de los residuales para 0.127295. El error absoluto de 0.0811571 es el valor medio de las residuales. La estadística de Durbin-Durbin-Watson (DW) prueba los residuales para determinarse si hay alguna correlación significativa basada en el orden, que ocurran en la tabla de datos. Puesto que P-valor es menos de 0.05, hay una indicación de la correlación serial posible.

Estimación de efectos para la correlación matricial. Enseguida se representa la tabla de correlación matricial.

Cuadro 3. Estimación de efectos correlación matricial del alto del punto.

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (1) Promedio | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (2) A:PF Derecha | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (3) B:PA Derecha | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (4) C:PF Izquierda | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (5) D:PA Izquierda | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| (6) AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| (7) AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| (8) AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| (9) BC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (10) BD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (11) CD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (12) Block | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (13) Block | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

La matriz de correlación muestra el grado de la confusión entre los efectos. Un diseño perfectamente ortogonal mostrará una matriz diagonal con 1's y 0's. Cualquier término diferente a cero de la diagonal, implica que las estimaciones de los efectos que corresponden a esa fila y columna serán correlacionadas. En este caso, hay un par de efectos con una correlación diferente a cero. Puesto que uno o más de los pares es mayor o igual a 0.5.

En el Cuadro 4 se muestra la tabla de estimación de resultados para el alto del punto.

Cuadro 4. Estimación de resultados para el alto del punto

| Corrida | Valor de las observaciones | Valor Apto | Bajo 95% CL para el promedio | Alto 95% CL para el promedio |
|---------|----------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | -0.075 | 0.0047083 | -0.12978 | 0.139196 |
| 2 | -0.006 | 0.017375 | -0.117113 | 0.151863 |
| 3 | 0.455 | 0.144708 | 0.0102202 | 0.279196 |
| 4 | -0.12 | 0.070625 | -0.0638631 | 0.205113 |
| 5 | 0.437 | 0.195792 | 0.0613035 | 0.33028 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 47 | -0.185 | -0.126896 | -0.261384 | 0.0075923 |
| 48 | -0.057 | -0.0278125 | -0.162301 | 0.106676 |

El Cuadro 4 contiene la información sobre valores alto del punto generado usando el modelo formado.

La tabla incluye: (1) El valor observado del alto del punto (cualquiera); (2) El valor predicho del alto del punto, que se usa en el modelo formado, y (3) 95.0 % límites de confianza para la respuesta, cada artículo corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de su tabla de datos.

Optimización de Respuesta

Meta: Optimizar el Alto del Punto

Valor Óptimo = -0.003604

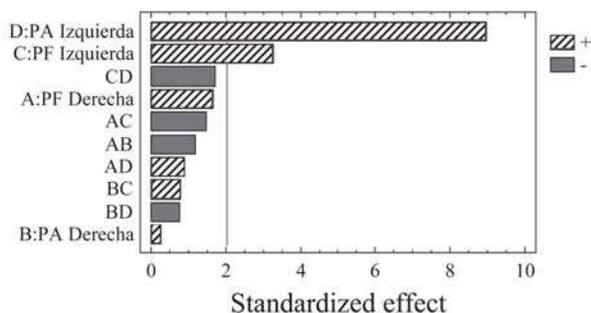
Cuadro 5. Optimización de respuesta para el alto del punto

| Factor | Bajo | Alto | Óptimo |
|--------------|------|------|--------|
| PF Derecha | 4.0 | 8.0 | 5.0 |
| PA Derecha | 4.0 | 8.0 | 4.0 |
| PF Izquierda | 4.0 | 8.0 | 6.0 |
| PA Izquierda | 4.0 | 8.0 | 6.0 |

Se muestra la combinación de los niveles del factor, el cual minimiza el excedente de punto de alto de la región indicada.

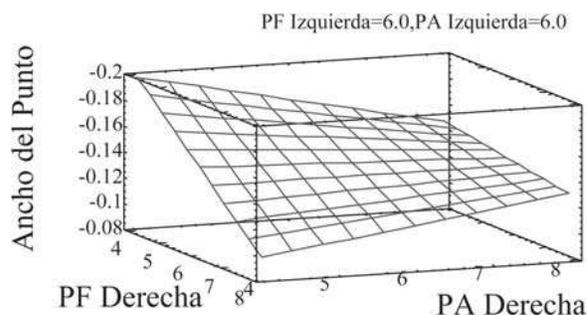
Resultados de gráficas para el ancho del punto. Se puede observar cuáles son los factores más significativos para el proyecto, se muestra que los más significativos para el análisis realizado fueron los factores D y C, (Figura 8).

Figura 8. Diagrama de Pareto estandarizado para el ancho del punto.



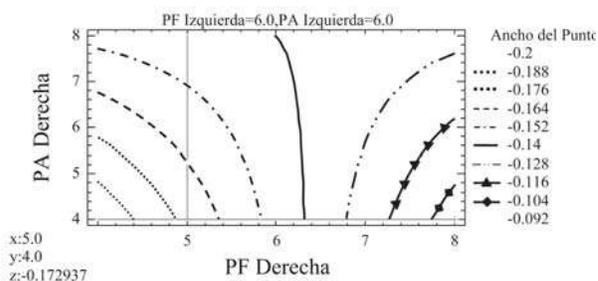
Estimación de la superficie de respuesta para el ancho del punto. En la gráfica tridimensional se puede observar la tendencia de los valores y puntos más elevados, así como la fluctuación de los mismos, además, los efectos principales del análisis, (Figura 9).

Figura 9. Estimación de la superficie de respuesta en 3D.



Contornos de la superficie de respuesta para el ancho del punto. Muestra el punto óptimo para el análisis, cabe mencionar que el valor de optimización mínimo que marca el programa es la coordenada (8, 4, 6, 6), aunque para efecto del análisis que demanda el cliente, es decir, el punto en que el alto del punto es aproximadamente igual a cero. (Figura 10).

Figura 10. Contornos de la superficie de respuesta.



Observación: para fines del proyecto y hacer coincidir los valores del ancho y alto del punto se consideró la coordenada (5, 4), debido a que el valor obtenido se encuentra dentro de los estándares establecidos por el cliente (+0.250 mm).

Se representa el cuadro de datos para el análisis de varianza del ancho del punto.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el ancho del punto.

| Origen | Suma de los cuadrados | Df | Promedio de los cuadrados | F-Ratio | P-Valor |
|----------------|-----------------------|----|---------------------------|---------|---------|
| A:PF Derecha | 0.041595 | 1 | 0.041595 | 2.69 | 0.109 |
| B:PA Derecha | 0.000744 | 1 | 0.000744 | 0.05 | 0.827 |
| C:PF Izquierda | 0.161356 | 1 | 0.161356 | 10.4 | 0.00 |
| D:PA Izquierda | 1.239382 | 1 | 1.239382 | 80.2 | 0.000 |
| AB | 0.020875 | 1 | 0.020875 | 1.35 | 0.252 |
| AC | 0.032813 | 1 | 0.032813 | 2.13 | 0.153 |
| AD | 0.011501 | 1 | 0.011501 | 0.75 | 0.393 |
| BC | 0.008992 | 1 | 0.008992 | 0.58 | 0.450 |
| BD | 0.008138 | 1 | 0.008138 | 0.53 | 0.472 |
| CD | 0.043862 | 1 | 0.043862 | 2.84 | 0.100 |
| Blocks | 0.013354 | 2 | 0.006677 | 0.43 | 0.652 |
| Total error | 0.540309 | 35 | 0.015437 | | |
| Total (corr.) | 2.122923 | 47 | | | |

Cuadro 7. Estimación de efectos para la correlación matricial para el ancho del punto.

| | -1 | -2 | -3 | -4 | -5 | -6 | -7 | -8 |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| (1) Promedio | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (2) A:PF Derecha | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (3) B:PA Derecha | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (4) C:PF Izquierda | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (5) D:PA Izquierda | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| (6) AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| (7) AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| (8) AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| (9) BC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (10) BD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (11) CD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (12) Block | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (13) Block | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

La matriz de correlación demuestra el grado de la confusión entre los efectos. Un diseño perfectamente ortogonal mostrará una matriz diagonal con 1's en la diagonal y 0's fuera de la diagonal, (Cuadro 7). Cualquier término

diferente a cero de la diagonal implica que las estimaciones de los efectos que corresponden a esa fila y columna serán correlacionadas. En este caso, hay un par de efectos con una correlación diferente a cero. Puesto que uno o más de los pares es mayor o igual a 0.5, se puede tener cierta dificultad el separar de los efectos de un análisis de datos. Se puede considerar agregar funciones adicionales al diseño para reducir las correlaciones.

Cuadro 8. Estimación de resultados para el ancho del punto.

| Corrida | Bajo 95% CL para el promedio | Alto 95% CL para el promedio |
|---------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | -0.587143 | -0.324607 |
| 2 | -0.465226 | -0.202691 |
| 3 | -0.538893 | -0.276357 |
| 4 | -0.500393 | -0.237857 |
| 5 | -0.385809 | -0.123274 |
| 6 | -0.368476 | -0.105941 |
| 7 | -0.282809 | -0.020274 |
| 8 | -0.348893 | -0.086357 |
| 47 | -0.100955 | 0.16158 |
| 48 | -0.105122 | 0.157414 |

El cuadro contiene la información sobre valores de ancho del punto generado usando el modelo. La tabla incluye:

- (1) El valor observado de ancho del punto (si cualquiera).
- (2) El valor predicho de ancho del punto que usa el modelo.
- (3) 95.0 % límites de confianza para la respuesta mala cada artículo corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de su fichero de datos.

Optimización de Respuesta

Meta: Optimizar el Ancho del Punto

Valor óptimo= -0.172937

Cuadro 9. Optimización de respuesta para el ancho del punto.

| Factor | Bajo | Alto | Óptimo |
|--------------|------|------|--------|
| PF Derecha | 4.0 | 8.0 | 5.0 |
| PA Derecha | 4.0 | 8.0 | 4.0 |
| PF Izquierda | 4.0 | 8.0 | 6.0 |
| PA Izquierda | 4.0 | 8.0 | 6.0 |

Muestra la combinación de los niveles del factor, la cual minimiza el excedente de ancho del punto de la región indicada.

Resultados

El objetivo de este estudio consistió en encontrar el punto en donde los valores sean igual o se aproximen a cero, es decir, el punto en que el error producido por un carro y otro sea casi nulo. Los resultados arrojados por el análisis son:

- PF Der. 5
- PA Der. 4
- PF Izq. 6
- PA Izq. 6

En donde:

Punto de Frente = PF

Punto de Atrás = PA

Aplicación de los resultados. Tras el análisis realizado se proporcionaron al fabricante y al operador las combinaciones óptimas del proceso, esto con el fin de garantizar que la producción de cuellos para playeras realizados por la máquina estudiada, elaborara los cuellos con dimensiones de fabricación establecidas por

el cliente. Cabe mencionar que se encuentra en proceso de aplicación la manufactura piloto de cuellos para playera con la combinación obtenida por este análisis (PF Der. 5, PA Der. 4, PF Izq. 6, PA Izq. 6).

Con el desarrollo de este diseño de experimento se pretende minimizar los costos globales, evitando mermas de producción; además de reducir el tiempo de desarrollo empleado en la elaboración de cuellos para playera, así como retrabajos y desperdicio de materia prima.

Conclusiones

La aplicación del diseño de experimentos a este problema real permitió conocer mejor el proceso estudiado; así como comprender e interpretar los resultados obtenidos.

Para este diseño fue de gran ayuda el programa StatGraphics Plus 5.1, el cual permitió obtener la combinación ideal de los factores estudiados y con ello poder dar una respuesta óptima que permita eliminar o reducir considerablemente las mermas en la fabricación de cuellos para playeras, así como garantizar mayor eficiencia, lo que conlleva a reducir los gastos de fabricación y por ende, contribuir con una mayor rentabilidad de la empresa.

La utilización de estas herramientas permite no sólo maximizar o minimizar alguna variable de respuesta, sino encontrar el punto óptimo para algún proceso, por lo que resultan muy flexibles y pueden adaptarse a cualquier problema de acuerdo con sus necesidades o especificaciones.

Bibliografía

- Cárdenas J.A. Antología: Calidad II. Primer Edición 2004, SABES. Manual del Comparador Óptico.
Manual del Microscopio Electrónico.
Ochoa-Ramírez M. Antología: Diseño de Experimentos. Primer Edición 2004, SABES.
StatGraphics Plus 5.1. User's Manual. 

Este artículo es citado así:

Luna-Puente R., J. D. Guerrero-Aguirre, E. Contreras-Amézquita y E. Moreno-Villanueva. 2010: *Análisis del proceso de fabricación de cuellos de camisa*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 4(1): 39-47.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

RAFAEL LUNA PUENTE. Terminó su licenciatura en 2007 en la UNIDEG (Universidad Interactiva y a Distancia del Estado de Guanajuato), cursando la carrera de Ingeniero Industrial, Desde 1995 labora en la Universidad tecnología del suroeste del estado de Guanajuato, los dos primeros años como encargado de laboratorios y talleres del área de mecánica y los restantes, hasta la fecha, como profesor de asignatura en el área de mecánica y mantenimiento; imparte clases en el ESIABAC (Escuela de Ingeniería y Arquitectura del Bajío desde 2008. Su área de especialización es en producción, además de la automatización y el diseño, ha recibido la certificación en Neumática. ha dirigido 20 proyectos de titulación para TSU (Técnico Superior Universitario) y 3 para Licenciatura, Ha participado en congresos como 8° Congreso de Mecatrónica en Veracruz y Congreso Nacional de Tecnología Industrial CONATI 2009. Es consultor en el área de procesos de la incubadora Oxígeno.

EMANUEL MORENO VILLANUEVA. Terminó su licenciatura (1999), año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Mecánico por el Instituto Tecnológico de Celaya (ITC). Realizó su posgrado en Ingeniería Industrial (2007) con especialidad en manufactura en el mismo instituto, además realizó las maestrías en Educación (2001) en el Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación José María Morelos y la maestría en Administración de Empresas (2004) en la Universidad del Centro del Bajío en la Ciudad de Celaya Gto. Actualmente se desempeña como Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Gto. (UTSOE), y posee la categoría de Profesor titular C. Su área de especialización es la manufactura integrada por computadora. Ha dirigido más de 100 tesis de Técnico Superior en Mecánica y 10 tesis de licenciatura. Es autor de 7 artículos científicos, 4 ponencias en congresos, y autor de 1 libro científico; además ha participado en la integración de tres manuales de asignatura para la carrera de Ingeniería en Metalmecánica y Mecánica con enfoque por competencias. Actualmente es responsable de la dirección de 4 proyectos ingenieriles enfocados a la ecología financiados por recursos institucionales. Es presidente del Comité Ambiental de la UTSOE.

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 en un lenguaje accesible a lectores con formación profesional, atendiendo a los principios de: precisión, lógica y claridad. Todo manuscrito recibido es revisado en primera instancia por el Comité de Editores Asociados, para asegurar que cumple con el formato y contenido establecido por las normas editoriales de *TECNOCIENCIA Chihuahua*. Una vez revisado el escrito, los editores asociados determinarán si vale la pena publicarlo; enseguida se le regresa al autor responsable para que incorpore las observaciones y sea editado. Posteriormente, es sometido a un estricto arbitraje bajo el sistema de doble ciego, realizado por dos especialistas en el área del conocimiento. Para su evaluación se aplican los criterios de: rigor científico, calidad y precisión de la información, relevancia del tema y la claridad del lenguaje.

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

Lineamientos generales

Se aceptan manuscritos originales e inéditos, producto de la creatividad del o los autores, cuyos resultados de investigación no hayan sido publicados parcial o totalmente (excepto como resumen de algún congreso científico), ni estén en vías de publicarse en otra revista (nacional o internacional) o libro.

Para tal fin, el autor y coautores deberán firmar la carta de autoría, donde declaran que su trabajo no ha sido publicado o enviado para su publicación simultáneamente en otra revista; además, en dicho documento señalarán estar de acuerdo en aceptar las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial Internacional de la Revista *TECNOCIENCIA 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 pre-

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

Formato

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

- a. Página de presentación.
- b. Resumen en español (con palabras clave en español).
- c. Resumen en inglés, *abstract* (con palabras en inglés, *keywords*).

- d. Texto (capítulos y su orden).
- e. Agradecimientos.
- f. Literatura citada.
- g. Cuadros y gráficas.

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

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

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 resu-

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

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

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

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

men proporciona valiosa información del estudio y también le facilita al lector decidir si lee todo el escrito. En la segunda página se debe incluir un resumen que no exceda las 250 palabras. En él se indicarán la justificación y objetivos del estudio; dar una breve descripción de la metodología empleada; describir los resultados más relevantes y presentar datos numéricos importantes (ejemplo: *se observó un incremento de 15% en el rendimiento con la densidad de 60,000 plantas por hectárea*), y de ser posible, enfatizar el significado estadístico y escribir la conclusión general del trabajo.

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

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

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

Texto (capítulos y su orden). Existen diferencias en cuanto al contenido y estructura de cada una de las categorías de escritos científicos, que son publicados en la revista. Las normas específicas para cada categoría son descritas enseguida, y para aquellos escritos recibidos que no se ajusten a estos formatos, el Consejo Editorial decidirá si pueden enviarse para su revisión al Comité Editorial del área correspondiente.

1. Artículo científico

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

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

Resumen y *abstract*

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

Introducción

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

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

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

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

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

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

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

vestigación, es decir, se describe la manera o el medio a través del cual se pretende examinar el problema definido o la pregunta planteada por el investigador. Esta parte de la introducción permitirá al lector ver si las conclusiones presentadas por el investigador son congruentes con los objetivos planteados al inicio del trabajo. Ejemplo:

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

Materiales y métodos

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

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

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

Resultados y discusión

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

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

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

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

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

Conclusiones

Es aceptable escribir en una sección separada una o varias conclusiones breves, claras y concisas, que se desprenden de los resultados de la investigación y que sean

una aportación muy concreta al campo del conocimiento donde se ubica el estudio. No se numeran las conclusiones y al redactarlas debe mantenerse la congruencia con los objetivos del trabajo y el contenido del resumen.

Agradecimientos

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

Literatura citada

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

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

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

Artículos científicos de revistas periódicas

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

Capítulos de libros

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

Libros

- STEELE, 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 (COEEM1110-1-501). U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. 60 p.

2. Nota científica

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

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

Como en el caso de un artículo extenso, la nota científica debe contener: a) *título* (español e inglés), b)

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

3. Ensayo científico

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

La estructura del ensayo contiene los incisos siguientes: a) Títulos (español e inglés), b) autor(es), c) Institución de adscripción, d) resumen (español e inglés), e) palabras clave (español e inglés), f) introducción, g) desarrollo del tema, 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 desa-

rollo del tema es recomendable el uso de encabezados para separar las diferentes secciones o temas afines en que se divide la revisión bibliográfica; además, se sugiere el uso de cuadros y figuras para una mayor comprensión del contenido.

Preparación de cuadros y figuras

Se recomienda insertar los cuadros y figuras, numerados progresivamente, en el lugar correspondiente del texto. Deberá incluirse por separado un archivo para los cuadros y otro para las figuras en formato Excel, con el propósito de editarlos en caso de ser requerido. Los títulos de los cuadros y/o figuras se escriben en letra Arial, negritas y 12 puntos. En los títulos, el uso de las letras mayúsculas se limita a la primera letra y nombres propios.

Cuadros

Los cuadros con los resultados se presentan en tablas construidas preferentemente con tres o cuatro líneas horizontales; las dos primeras sirven para separar los encabezados, mientras que la(s) última(s), para cerrar la tabla. Las líneas verticales se usan también para distinguir columnas de datos. El cuadro 1 presenta un ejemplo de cuadro con información estadística.

Figuras

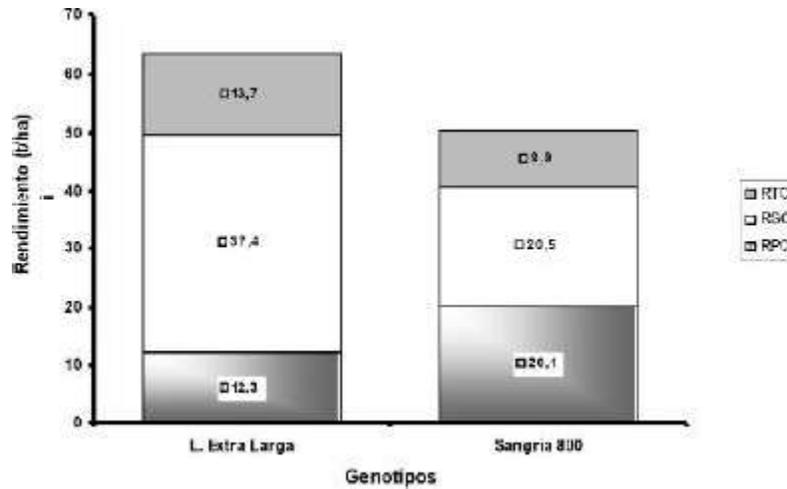
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apearse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

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 incluidas en el manuscrito deben ser en blanco y negro, en formato tif con 300 puntos de resolución y enviadas en un archivo electrónico separado.

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

| Fuente de variación | Grados de libertad | Sumas de cuadrados | Cuadrado medio | F _c calculada | Significancia P _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 ejem-

plos 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*.



CAPACITACIÓN DOCENTE

JUNIO

ACTUALIZACIÓN DOCENTE

DIPLOMADO EN



☛ Diplomado en Tutoría

ACTUALIZACIÓN PEDAGÓGICA

Válido para docentes que requieren cumplir con los dos cursos de actualización pedagógica que establece el Reglamento para el programa de estímulos al desempeño del personal docente de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Artículo 16 fracción III.

☛ Planeación de situaciones de aprendizaje con base en fundamentos psicopedagógicos

☛ Estrategias didácticas para materias de alta reprobación

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

☛ Herramientas de diseño: CorelDRAW y Photoshop

☛ Técnicas electrónicas para la búsqueda de recursos educativos libres

CAPACITACIÓN Y ACTUALIZACIÓN PARA INVESTIGADORES

☛ La filosofía de la ciencia en el ámbito actual del conocimiento

PROPEDEÚTICO PARA LA DOCENCIA (Modalidad presencial)

☛ De la 1 a la 10 competencias (40 horas)

☛ De la 1 a la 5 competencias (20 horas)

☛ De la 6 a la 10 competencias (20 horas)

JULIO

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

☛ Herramientas de oficina (Matutino)

☛ Herramientas de oficina (Vespertino)



PROPEDEÚTICO PARA LA DOCENCIA (Modalidad virtual)

☛ De la 1 a la 10 competencias (40 horas)

☛ De la 1 a la 5 competencias (20 horas)

☛ De la 6 a la 10 competencias (20 horas)



AGOSTO

ACTUALIZACIÓN PEDAGÓGICA

Válido para docentes que requieren cumplir con los dos cursos de actualización pedagógica que establece el Reglamento para el programa de estímulos al desempeño del personal docente de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Artículo 16 fracción III.

* ☛ Estrategias didácticas para materias de alta reprobación

* ☛ Técnicas didácticas vivenciales

* ☛ El uso de la tics 's en el salón de clase y en la educación

* **Horarios:** Matutino, Vespertino, Intensivo

☛ Estrategias de aprendizaje de las matemáticas en el aula:

Una propuesta desde la problematización y contextualización.

(Impartido por instructora de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior ANUIES)

Se impartirá en horario matutino

"Si le gusta nuestro servicio dígaselo a los demás, si no le gusta, díganoslo a nosotros".

<http://cudd.uach.mx> tel.(614)439 18 66 ext. 7300



2010

Universidad Autónoma de Chihuahua

UNIVERSIADA
NACIONAL



Universidad Autónoma de Chihuahua

Chihuahua, Chihuahua, México,
del 20 de abril al 2 de mayo de 2010



*Deporte y Pasión
en la Tierra de Encuentro*

CHIHUAHUA



2010

Universidad Autónoma de Chihuahua

**UNIVERSIADA
NACIONAL**



Diseño por L.D.G. Mónico Payán.