

TECNOLOGÍA C I E N C I A

Chihuahua

Revista de ciencia, tecnología y humanidades
Universidad Autónoma de Chihuahua



Moléculas pécticas: Extracción y su potencial aplicación como empaque



Potasio y nitrógeno en la productividad
de tomate en cultivo hidropónico



Cuantificación de polifenoles y capacidad
antioxidante en duraznos comercializados
en Ciudad Juárez, México



Factores que influyen en el rendimiento
académico del estudiante universitario

latindex

PERIÓDICA

\$60.00
Volumen V
Número 2
May-Ago 2011
ISSN: 1870-6606





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

M.C. JESÚS ENRIQUE SÉAÑEZ SÁENZ
Rector

M.D. SAÚL ARNULFO MARTÍNEZ CAMPOS
Secretario General

LIC. SERGIO REAZA ESCÁRCEGA
Director de Extensión y Difusión Cultural

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

DR. ALEJANDRO CHÁVEZ GUERRERO
Director Académico

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

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

TECNOCIENCIA
Chihuahua

Comité Editorial Interno

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA
Editor en Jefe

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 Vasculard, 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.E.S. NANCY KARINA VENEGAS HERNÁNDEZ
Asistente editorial - Abstracts

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

L.S.C.A. MARTHA IVETTE ACOSTA CHÁVEZ
Diseño

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen V, Número 2, Mayo-Agosto 2011. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. Número de Reserva al Título en Derecho de Autor: 04-2007-0326610180900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13868. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11441. Clave de registro postal PP08-0010. Domicilio de la publicación: Edificio de la Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario I, C.P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Oficina responsable de la circulación: Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I, C.P. 31170. Imprenta: Impresora Standar, Ernesto Talavera No. 1207, Teléfono 416-7845, Chihuahua, Chih. Tiraje: 1,000 ejemplares.

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

Teléfono: (614) 439-1500 (extensión 2213); fax: (614) 439-1500 (extensión 2209), e-mail: tecnociencia.chihuahua@uach.mx

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

Contenido

Definición de la revista	I	
Editorial	II	
El científico frente a la sociedad		Productos alternativos a la aminoetoxivinilglicina para el control de la producción de etileno en manzana 'Golden Delicious'
Biocombustibles: estrategias limpias para combatir la crisis energética		<i>David Ignacio Berlanga Reyes</i> <i>Víctor Manuel Guerrero Prieto</i> <i>José de Jesús Ornelas Paz</i>
<i>Nidia Paola Castillo Vázquez</i> <i>Tania Siqueiros Cendón</i> <i>Quintín Rascón Cruz</i>	61	83
Alimentos		Educación y humanidades
Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México		Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario
<i>Joaquín Rodrigo García</i> <i>Laura Alejandra De la Rosa</i> <i>Brenda Herrera Duenez</i> <i>Ariadna Gisela González Barrios</i> <i>José Alberto López Díaz</i> <i>Gustavo Adolfo González Aguilar</i> <i>Saúl Ruiz Cruz</i> <i>Emilio Álvarez Parrilla</i>	67	<i>David Gómez Sánchez</i> <i>Rosalba Oviedo Marin</i> <i>Eugenia Inés Martínez López</i>
Moléculas pépticas: extracción y su potencial aplicación como empaque		90
<i>Daniela Sánchez Aldana Villarruel</i> <i>Cristóbal Noé Aguilar González</i> <i>Juan Carlos Contreras Esquivel</i> <i>Guadalupe Virginia Nevárez Moorillón</i>	76	Creatividad y desarrollo tecnológico
		Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico
		<i>Paula Patricia López Acosta</i> <i>Aída Cano Montes</i> <i>G. Sonia Rodríguez De la Rocha</i> <i>Narciso Torres Flores</i> <i>S. Margarita Rodríguez Rodríguez</i> <i>Ricardo Rodríguez Rodríguez</i>
		98

Definición de la Revista *TECNOCENCIA Chihuahua*

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

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

Objetivos

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

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

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

Visión

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

Tipos de escritos científicos

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

A quién se dirige

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

Editorial

La crisis de energéticos a nivel mundial, propiciada por la reducción de las reservas y altos precios del petróleo, así como por el impacto ecológico de la contaminación, ha motivado a los investigadores a buscar otras fuentes de energía. En el artículo “Biocombustibles: estrategias limpias para combatir la crisis energética”, se presenta un enfoque científico sobre el problema y se discuten alternativas para su solución. En el área de Alimentos de este fascículo se presentan varios artículos, en uno de ellos se discute el tema “Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante de duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México”; los autores encontraron una correlación positiva significativa entre el contenido de fenoles totales y su capacidad antioxidante; además, los autores observaron que las muestras procedentes de California tuvieron una correlación superior a la de aquellas obtenidas de Sonora o Chihuahua.

A nivel mundial se ha incrementado significativamente la demanda de las pectinas, especialmente por su aplicación en las industrias alimentaria, farmacéutica y doméstica. Un grupo de investigadores discuten en su artículo diversos métodos de extracción de las pectinas, y su potencial aplicación como empaque. En el artículo “Productos alternativos a la aminoetoxivinilglicina (AVG) para el control de la producción de etileno en manzana ‘Golden Delicious’, se evaluaron diversos productos alternativos inhibidores de la síntesis de etileno, comparándose su eficiencia y costo para el control de la maduración de la fruta; algunos tratamientos aplicados en precosecha parecen muy prometedores para utilizarse como una herramienta en la regulación de la síntesis de etileno a un costo más bajo que el producto AVG.

El tomate bajo el sistema de hidroponía sigue siendo una técnica de cultivo cuyas ventajas han sido señaladas en una infinidad de publicaciones; en este fascículo se presenta un artículo donde los autores probaron diversas concentraciones de potasio y nitrógeno aplicando las soluciones nutritivas en varias etapas del crecimiento a partir de la siembra del tomate. Se evaluó su impacto en la productividad y calidad del fruto, encontrándose algunos tratamientos muy eficientes y de bajo costo.

En el artículo titulado: “Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario”, los autores señalan que las variables sexo y semestre cursado parecen influir en la percepción que tiene el alumno sobre su rendimiento académico.

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

Biocombustibles: estrategias limpias para combatir la crisis energética

Biofuels: clean strategies to fight the energy crisis

NIDIA PAOLA CASTILLO-VÁZQUEZ¹, TANIA SIQUEIROS-CENDÓN¹
Y QUINTÍN RASCÓN-CRUZ^{1,2}

Resumen

México se encuentra ante una eventual crisis energética debido a la reducción en sus reservas probadas del petróleo, lo que ha tenido como consecuencia un incremento en los precios de los combustibles. Además, la utilización de este hidrocarburo ha generado emisión de gases con efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático. Para solucionar este problema se requiere desarrollar tecnologías alternativas que nos permitan sustituir los combustibles derivados del petróleo. Estos hechos hacen evidente la necesidad de utilizar fuentes alternas de energía. Los biocombustibles son recursos energéticos producidos por el ser humano a partir de materias generadas por seres vivos, a las cuales se les denomina "biomasa". Esta segunda generación de biocombustibles plantea el uso de lignocelulosa, que es el polímero más abundante sobre la superficie del planeta; para lograrlo se requiere del desarrollo biotecnológico que permita la despolimerización efectiva de la biomasa vegetal.

Palabras clave: residuos agroindustriales, bioetanol, bioenergéticos, combustibles fósiles.

Abstract

Mexico is facing a possible energy crisis due to the reduction in proven reserves of oil and consequently, it has resulted in the increase in fuel prices. To solve this problem it requires developing alternative technologies that allow us to replace fuels from petroleum. Besides that, the use of this fuel has generated greenhouse gases emissions, contributing to the climate change. These facts make clear the need for alternative energy sources. Biofuels are a type of fuel whose energy is derived from living organisms called "biomass" and produced by human beings. These second-generation biofuels require the use of lignocellulose that is the most abundant polymer on the surface of the planet, to get this, it is required the development of a biotechnology process that allows the effective depolymerization of plant biomass.

Keywords: agro-industrial waste, bioethanol, biofuels, fossil fuels.

Introducción

El uso de biocombustibles ofrece muchos beneficios, incluyendo la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, el desarrollo económico de zonas agropecuarias-rural, además de un incremento en la sustentabilidad energética (Zhu *et al.*, 2009). Desde el punto de vista ambiental, los biocombustibles superan a los derivados de petróleo, de los cuales su extracción, procesamiento y combustión contribuyen a la contaminación del suelo, aire y agua (Carere *et al.*, 2008), contrario al uso de bioetanol, el cual representa un ciclo cerrado de dióxido de carbono, debido a que, después de su combustión, el dióxido de carbono liberado es reciclado por las plantas durante el proceso de la fotosíntesis, ya que las plantas integran en su estructura el CO₂ en la forma de celulosa (Chandel *et al.*, 2007; Maas *et al.*, 2008).

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus II, Apdo. Postal 1542-C. Chihuahua, Chih., México 31125 Tel. (614) 236-6000

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

La utilización de biocombustibles implica una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como muestran los valores calculados por Havlik *et al.* (2010), de acuerdo a los parámetros de CONCAWE/JRC/EUCAR y Renewable Fuels Agency, presentados en la Cuadro 1.

Estos datos revelan que el reemplazo de combustibles fósiles por biocombustibles representa una reducción del impacto negativo que provoca el uso de combustibles en el ambiente; reducción originada por la disminución en la cantidad de dióxido de carbono emitida al ambiente, lo cual es el principal factor antropogénico que contribuye al calentamiento global (Maas *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Ahorro en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a partir de la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles. Se expresa en gramos de CO₂ equivalente por MegaJoules de combustible utilizado.

Biocombustible	Materia prima	Ahorro en GEI (gCO ₂ eq/MJ)
Etanol	Maíz	35.58
Etanol	Caña de azúcar	59.99
Biodiesel	Canola	41.18
Biodiesel	Soya	38.79
Etanol	Biomasa lignocelulósica	63.10
Metanol	Biomasa lignocelulósica	77.60

Adaptado de Havlik *et al.*, 2010.

Económicamente hablando, la importación de petróleo o sus derivados ha llevado a la alza de precios lo que genera un círculo vicioso (Yang y Wyman, 2007), además de provocar conflictos bélicos debido a la demanda de petróleo extranjero (Sheehan y Himmel, 1999), razón de alarma mundial. Dichos problemas pueden evitarse mediante la producción y utilización de biocombustibles, los cuales suponen la superación de dicha dependencia al petróleo, viéndose reflejada en la satisfacción de la demanda interna de combustibles en el país, prescindiendo de la importación de petróleo de otros países. Adicionalmente, la producción de biocombustibles

proporciona nuevos ingresos y oportunidades de empleo en zonas agropecuarias (Naik *et al.*, 2010), con lo cual se puede evitar la migración del campo a las ciudades, evitando la sobrepoblación, provocando un efecto positivo en la calidad de vida tanto de la comunidad rural como de la urbana.

Clasificación de los biocombustibles.

Dependiendo de la materia prima utilizada para la obtención de biocombustibles, éstos se clasifican en: primera generación, aquellos obtenidos de cultivos alimenticios como maíz, sorgo, trigo, cebada; segunda generación, a los producidos a partir de residuos de procesos agroindustriales o forestales (Antizar-Ladislao y Turrió-Gómez, 2008); y los de la tercera generación, que abarcan el biocombustible extraído a partir de microalgas y otras fuentes microbianas (Chisti, 2007; Patil *et al.*, 2008;).

Además de estos tipos de biocombustibles, existe la clase denominada biocombustibles de cuarta generación, la cual solamente existe en fase teórica, ya que solamente se conoce la posible ruta de síntesis, y se fundamenta en la utilización de bacterias genéticamente modificadas, capaces de transformar anhídrido carbónico (CO₂) en biocombustibles (Álvarez-Maciel, 2009). Actualmente, sólo se encuentra disponible a nivel comercial la tecnología de biocombustibles de primera generación, siendo los mayores productores de bioetanol: Brasil, que emplea caña de azúcar principalmente, y Estados Unidos, que utiliza maíz (Foust *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2009;), lo cual provoca preocupación por el precio y el suministro de alimentos; por lo tanto, existe un interés mundial en el desarrollo de tecnologías para la producción de biocombustibles de segunda generación (Foust *et al.*, 2009). En México se deberán proponer programas de largo plazo para la utilización de caña de azúcar para la producción de bioetanol y su escalamiento progresivo para la sustitución de la gasolina por mezclas que contengan bioetanol (Viniegra, 2007).

Se espera que la tecnología de producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica esté completamente desarrollada en un lapso de cinco a diez años, reemplazando parcialmente al bioetanol de primera generación (Gnansounou y Dauriat, 2010).

De acuerdo a la composición final del biocombustible, se distinguen los siguientes: 1) Bioetanol: producido de la fermentación de azúcares, el cual constituye un sustituto de la gasolina y también puede servir como materia prima para el etil terbutil éter (ETBE) (Naik *et al.*, 2010). Es utilizado como un aditivo oxigenado para reducir las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, tiene un índice de octano más alto que los combustibles derivados del petróleo y permite a los motores funcionar a mayores relaciones de compresión y por lo tanto dar un rendimiento neto superior. Además, presenta mayor presión de vapor y calor de vaporización que la gasolina, por consiguiente se presenta un aumento en la potencia de salida (Carere *et al.*, 2008). Puede emplearse de forma pura, o en disoluciones con gasolina, denominado con la letra E, combinada con un subíndice que indica el porcentaje de alcohol en la mezcla. Así, E100 designa alcohol puro (etanol azeotrópico consistente en 96% etanol puro con 4% de agua, la concentración más alta obtenible por destilación), mientras que E20 representa una mezcla de 20% etanol, 80% gasolina y así sucesivamente (Freudenberger, 2009). 2) Biodiesel: sustituto del diesel, producido mediante la transesterificación de aceites vegetales. 3) Biogás o biometano: puede ser producido por digestión anaeróbica de materia orgánica (abono) líquida, y puede ser utilizado en vehículos de gasolina con ligeras adaptaciones (Naik *et al.*, 2010).

Biocombustibles producidos a partir de biomasa vegetal.

La producción de bioetanol de segunda generación a partir de materiales lignocelulósicos y residuos de procesos agrícolas, forestales o industriales resulta prometedor para la producción de bioetanol como combustible, ya que muestra mayores ventajas en comparación con el bioetanol de primera generación en el ámbito ambiental y energético, y por ser residuos innecesarios en los procesos, tienen muy bajo costo, y además su utilización como materia prima no conduce a la competición por las fuentes de alimento (Olofsson *et al.*, 2008; Fujii *et al.*, 2009). Una importante característica de la biomasa celulósica es que es mucho más barata que la mayoría de las otras fuentes

de energía, además debe estar disponible en una escala muy grande para tener un impacto significativo sobre los retos de energía y sostenibilidad (Lynd *et al.*, 2008). Los residuos lignocelulósicos están compuestos por celulosa, hemicelulosa y lignina (Guarnizo-Franco *et al.*, 2009). La celulosa es un homopolímero de unidades repetidas de glucosa unidos por enlaces β -glucosídicos. La longitud de una molécula de celulosa se determina por el número de unidades de glucano presentes en el polímero, referido como grado de polimerización. El grado de polimerización de la celulosa, depende del tipo de planta, típicamente se estima que se encuentra entre 2000 y 27000 unidades de glucano (Taherzadeh *et al.*, 2007). La hemicelulosa es un heteropolímero compuesto por azúcares en cadenas cortas, lineares y altamente ramificadas. A diferencia de la celulosa compuesta solo por glucosa, la hemicelulosa está compuesta con D- xilosa, D- glucosa, D- galactosa, D- manosa y L- arabinosa. (Chandel *et al.*, 2007), además contiene cantidades menores de compuestos como grupos acetilo (Hamelinck *et al.*, 2005). La lignina es un polímero de subunidades aromáticas generalmente derivadas de fenilalanina. Sirve como una matriz alrededor de los polisacáridos que componen la pared celular de algunas plantas, proporcionando rigidez y fuerza de compresión, así como permeabilidad (Whetten y Sederof, 1995). La producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica incluye tres procesos principales: pretratamiento, hidrólisis y fermentación (Zheng *et al.*, 2010). El pretratamiento consiste en el rompimiento del escudo de lignina que limita la accesibilidad de las enzimas a la celulosa y hemicelulosa (Yang *et al.*, 2008), y altera el tamaño y estructura para facilitar la hidrólisis rápida y eficiente; puede llevarse a cabo mediante métodos físicos, químicos o biológicos (Zheng *et al.*, 2010). Es un punto crítico, ya que pueden formarse inhibidores como el 5-hidroximetil-furfural (HMF) y furfural (productos de degradación de hexosas y pentosas, respectivamente), además de ácidos orgánicos débiles y compuestos fenólicos por la degradación de la lignina (Erdei, 2010). Desde el punto de vista económico esta etapa es crítica, puesto que representa aproximadamente el 20% del costo total de producción de bioetanol (Kootstra *et al.*,

2009). La hidrólisis se refiere a los procesos que convierten los polisacáridos en azúcares monoméricos; la degradación eficiente de la biomasa lignocelulósica requiere la acción sinérgica de las enzimas celulolíticas endoglucanasa (EG), celobiohidrolasa (CBH) y b-glucosidasa (BGL), y algunas enzimas hemicelulósicas (Yamada *et al.*, 2011); los azúcares obtenidos son fermentados por microorganismos etanolgénicos (Zheng *et al.*, 2010). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la bacteria *Zymomonas mobilis* son los microorganismos convencionales para la fermentación de azúcares derivados de celulosa y hemicelulosa respectivamente (Saha *et al.*, 2005); de igual forma, se utilizan cepas recombinantes capaces de fermentar tanto pentosas como hexosas. Pueden aplicarse distintas configuraciones en el proceso de producción de etanol, incluyendo la hidrólisis y fermentación separadas (SHF), sacarificación y fermentación simultáneas (SSF), sacarificación y co-fermentación simultáneas (SSCF), y bioprocesamiento consolidado (CBP). Después de la fermentación, el etanol puede ser recuperado por destilación o destilación combinada con la adsorción o filtración (Zheng *et al.*, 2010).

Perspectivas futuras.


En la Unión Europea se ha ordenado que los biocombustibles cubran el 10% del consumo de combustible para el transporte para el año 2020. Además, Estados Unidos ha establecido como objetivo a corto plazo, que para el 2017 exista una reducción del 20% de la gasolina utilizada en el 2007, objetivo que debe cumplirse principalmente con el aumento de la producción de biocombustibles; de igual forma, se estableció el objetivo a largo plazo «30 x 30», que consiste en reemplazar el 30% de la demanda de gasolina del 2006 con biocombustibles para el año 2030 (Foust *et al.*, 2010). En México, se padece un rezago en materia de bioenergética, debido a que la producción de biocombustibles es prácticamente inexistente, es necesario trabajar a marchas forzadas para alcanzar el desarrollo en este rubro de países como Brasil o Estados Unidos, para satisfacer las demandas energéticas y evitar recurrir a la importación de recursos extranjeros.

Conclusiones

A pesar de que sustituir los combustibles fósiles por la alternativa sustentable sea un objetivo muy ambicioso, es imperativo que se lleve a cabo antes de ser alcanzados por la crisis energética y ecológica, y no sea posible abastecer las demandas y restaurar el daño ambiental ocasionado por el uso intensivo de dichos combustibles. La producción a gran escala de biocombustibles puede tener repercusiones positivas en el desarrollo económico y social del país; asimismo, el uso de estos recursos evita favorecer el cambio climático a diferencia de su análogo derivado del petróleo. Actualmente, la comercialización del bioetanol ya se realiza en varios países, sin embargo, el mercado está dominado por la producción de primera generación. La producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica tiene potencial para competir en el campo energético, sin embargo se encuentra aún en progreso, y aunque se han logrado avances en investigación en esta área, falta camino por recorrer; por tal razón es primordial hacer uso de la biotecnología para establecer procesos rentables y ecológicamente sustentables, que lleven a la producción de biocombustible de segunda generación, y así evitar la competición con fuentes de alimento y la sobreexplotación de tierras de cultivo. En nuestro país no se han logrado avances significativos con relación al tema de biocombustibles; desde febrero de 2008 se cuenta con la “Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos” (Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, 2009), con la cual se espera promover y desarrollar la producción de estos recursos, para lograr estar a la vanguardia en materia de bioenergética y desarrollo sustentable.

Literatura citada

- ÁLVAREZ-MACIEL, C. 2009. Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Economía Informa*. 359:63-89.
- ANTIZAR-LADISLAO, B., y J.L. Turión-Gómez. (2008) Second generation biofuels and local bioenergy systems. *Biofrp*. 2:455-469.
- CARERE, C.R., R. Sparling, N. Cicek, y D.B. Levin. 2008. Third generation biofuels via direct cellulose fermentation. *Int. J. Mol. Sci*. 9: 1342-1360.
- CHANDEL, K. A., E.S. Chan, R. Rudravaram, M.L. Narasu, V. Rao y P. Ravindra. 2007. Economics and environmental impact of bioethanol production technologies: an appraisal. *Biotechnol. Mol. Biol. Rev*. 2:14-32.

- CHISTI, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnol Adv.* 25:294-306.
- ERDEI, B., Z. Barta, B. Sipos, K. Réczey, M. Galbe, y G. Zacchi. 2010. Ethanol production from mixtures of wheat straw and wheat meal. *Biotechnol. Biof.* 3:16-25.
- FOUST, T.F., A. Aden, A. Dutta y S. Phillips. 2009. An economic and environmental comparison of a biochemical and a thermochemical lignocellulosic ethanol conversion processes. *Cellulose.* 16:547-565.
- FREUDENBERGER, R. 2009. Alcohol fuel: a guide to small-scale ethanol: making and using ethanol as a renewable fuel. Gabriola Island, BC, *New Society Pub.* 13-15 Pp
- FUJII, T., X. Fang, H. Inoue, K. Murakami y S. Sawayama. 2009. Enzymatic hydrolyzing performance of *Acremonium cellulolyticum* and *Trichoderma reesei* against three lignocellulosic materials. *Biotechnol. Biofuels.* 2:24-32.
- GNANSOUNOU, E. y A. Dauriat. 2010. Techno-economic analysis of lignocellulosic ethanol: A review. *Biores. Technol.* 101:4980-4991.
- GUARNIZO-FRANCO, A., P.N. Martínez-Yépes y H.A. Valencia-Sánchez. 2009. Pretratamientos de la celulosa y biomasa para la sacarificación. *Scientia et Technica.* 42: 284-289.
- HAMELINCK, C.N., G. Van-Hooijdonk y A.P.C. Faaij. 2005. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term. *Biomass Bioenergy.* 28:384-410.
- HAVLIK, P., U.A. Schneider, E. Schmid, H. Bottcher, S. Fritz, R. Skalský, K. Aoki, S. DeCara, G. Kindermann, F. Kraxner, S. Leduc, I. McCallum, A. Mosnier, T. Sauer y M. Obersteiner. 2010. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy.* 102-104 pp.
- KOOTSTRA, A.M.J., H.H. Beefink, E.L. Scott y J.P.M. Sanders. 2009. Optimization of the dilute maleic acid pretreatment of wheat straw. *Biotechnol. Biofuels.* 2:31-45.
- LI, Y., M. Horsman, N. Wu, C.Q. Lan y N. Dubois-Calero. 2008. Biofuels from microalgae. *Biotechnol. Prog.* 24:815-820.
- LYND, L.R., M.S. Laser, D. Bransby, B.E. Dale, B. Davison, R. Hamilton, M. Himmel, M. Keller, J.D. McMillan, J. Sheehan y C.E. Wyman. 2008. How biotech can transform biofuels. *Nat. Biotechnol.* 26:169-172.
- MAAS, R., R.R. Bakke, A.R. Boersma, I. Bisschops, J.R. Pels, E. Jong, R.A. Weusthuis y H. Reith. 2008. Pilot-scale conversion of lime-treated wheat Straw into bioethanol: quality assessment of bioethanol and valorization of side streams by anaerobic digestion and combustion. *Biotechnol. Biofuels.* 1:1-13.
- MARTÍNEZ, A.L., E. Ocaranza-Sánchez y E. López-López. 2009. Alternativas para la producción de biocombustibles en México. *Ide@s CONCYTEG.* 54:1234-1245.
- NAIK, S.N., V.V. Goud, P.K. Rout y A.K. Dalai. 2010. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable Sustainable Energy Review.* 14:578-597.
- OLOFSSON, K., M. Bertilsson y G. Lidén. 2008. A short review on SSF- an interesting process option for ethanol production from lignocellulosic feedstocks. *Biotechnol. Biofuels.* 1:7.
- Reglamento de la ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 18 de junio de 2009. 20 pp.
- SAHA, B.C., L.B. Iten, M.A. Cotta y Y.V. Wu. 2005. Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol. *Proc. Biochem.*40:3693-3700.
- SANDERS, J., E. Scott, R.A. Weusthuis y Mooibroek. 2007. Bio-refinery as the bio-inspired process to bulk chemicals. *Macromol. Biosci.* 7:105-117.
- SHEEHAN, J. y M. Himmel. 1999. Enzymes, energy, and the environment: A strategic perspective on the U.S. department of energy's research and development activities for bioethanol. *Biotechnol. Prog.* 15: 817-827.
- SUN, Y. y J. Cheng. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Biores. Technol.* 83: 1-11.
- TAHERZADEH, M.J. y K. Karimi. 2007. Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: a review. *BioRes.* 2:472-479.
- WHETTENA, R. y R. Sederoffa. 1995. Lignin biosynthesis. *Plant Cell.* 7:1001-1013.
- YAMADA, R., N. Taniguchi, T. Tanaka, C. Ogino, H. Fukuda y A. Kondo. 2011. Direct ethanol production from cellulose materials using a diploid strain of *Saccharomyces cerevisiae* with optimized cellulase expression. *Biotechnol. Biof.* 4:8-16.
- YANG, B. y C.E. Wyman. 2008. Pretreatment: The key to unlocking low-cost cellulosic ethanol. *Biofpr.* 2:26-40.
- ZHENG, Y., Z. Pan y R. Zhang. 2009. Overview of biomass pretreatment for cellulosic ethanol production. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2:51-68.
- ZHU, Z., N. Sathitsuksanoh, T. Vinzant, D.J. Schell, J.D. McMillan y Y.-H.P. Zhang. 2009. Comparative study of corn stover pretreated by dilute acid and cellulose solvent-based lignocellulose fractionation: enzymatic hydrolysis, supramolecular structure, and substrate accessibility. *Biotechnol. Bioengineering.* 103:715-724. 

Este artículo es citado así:

Castillo-Vázquez, N. P., T. Siqueiros-Cendón y Q. Rascón-Cruz. 2011: *Biocombustibles: estrategias limpias para combatir la crisis energética. TECNOCENCIA Chihuahua* 5(1): 61-66.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

PAOLA CASTILLO VÁZQUEZ. Terminó su licenciatura en el 2008, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico especialidad en alimentos por el Instituto Tecnológico de Durango. Actualmente es pasante de Maestría en Ciencias en Biotecnología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ha participado en congresos como el VII Encuentro Latinoamericano y del Caribe sobre biotecnología agropecuaria 2010, Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería 2011, y en el Simposio Internacional sobre tecnologías convencionales y alternativas en el procesamiento del maíz 2011.

TANIA SIQUEIROS CENDÓN. Terminó su licenciatura en 2002, recibiendo el título de Química Bacterióloga Parasitóloga con Mención Honorífica por la Facultad de Ciencias Químicas de la UACH. Obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en Biotecnología también con mención Honorífica en el 2006. Desde el 2002 labora en la Facultad de Ciencias Químicas de la UACH como responsable del departamento de secuenciación y en 2010 se incorporó a la Facultad como Profesor de Tiempo Completo. En 2009 recibió por parte de Gobierno del Estado de Chihuahua el premio Chihuahua en la categoría de Ciencias Biológicas. Su área de especialidad es la Biología Molecular, Inmunología y Microbiología. Ha sido asesora de 6 tesis de Licenciatura y 10 Tesis de Maestría. Ha presentado varios trabajos de investigación a nivel Nacional e Internacional. Es autora de aproximadamente 4 artículos científicos, más de 15 ponencias en congresos, y 1 capítulo de libro científico.

QUINTÍN RASCÓN CRUZ. Terminó su licenciatura en 1992, como Químico Bacteriólogo Parasitólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó estudios de posgrado como Maestro en Ciencias en Inmunología en UACH/FCQ y obtuvo el doctorado en Biotecnología de Plantas por el CINVESTAV Irapuato en 2003. Actualmente labora en la Facultad de Ciencias Químicas de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I desde 2003. Su área de especialización es Biotecnología en plantas. Ha dirigido 11 tesis de licenciatura, 16 de maestría y 2 de doctorado. Es autor de aproximadamente 25 artículos científicos, más de 45 ponencias en congresos, y 2 capítulos de libros científicos; además ha recibido distinciones nacionales y estatales por sus trabajos de investigación (Premio Chihuahua 1997 y 2003), Premio Alfredo Sánchez Marroquín 2004; ha dirigido 5 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, y es coordinador del Consejo Consultivo Científico de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados 2009-2011.

Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México

Polyphenol and antioxidant capacity quantification in peaches commercialized in Ciudad Juarez, Mexico

JOAQUÍN RODRIGO GARCÍA^{1,4}, LAURA ALEJANDRA DE LA ROSA¹, BRENDA HERRERA DUENEZ¹, ARIADNA GISELA GONZÁLEZ BARRIOS¹, JOSÉ ALBERTO LÓPEZ DÍAZ¹, GUSTAVO ADOLFO GONZÁLEZ AGUILAR², SAÚL RUIZ CRUZ³ Y EMILIO ALVAREZ PARRILLA¹

Recibido: Agosto 23, 2010

Aceptado: Abril 5, 2011

Resumen

En el presente estudio se valoraron el contenido de fenoles totales (Folin-Ciocalteu), y capacidad antioxidante total (mediante las técnicas FRAP (poder antioxidante reductor del hierro) y ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno) en duraznos (*Prunus persica* L.) de la variedad Prisco comercializados en Ciudad Juárez, procedentes de tres diferentes zonas de cultivo: dos en México, en los estados de Sonora y Chihuahua, y otra en el estado de California, Estados Unidos de América (EEUU). La concentración de fenoles totales, y capacidad antioxidante se determinaron a partir de extractos en metanol al 80%, según la metodología descrita por Kähkönen *et al.* (1999). Las muestras del estado de Sonora fueron las que presentaron valores más altos, tanto en fenoles libres (121 mg CAE/100g peso fresco) como en capacidad antioxidante (2.5 mmol Fe/100g mediante FRAP y 18.15 mmol TE/100 g peso fresco mediante ORAC). Se encontró una correlación significativa ($P = 0.56$) entre contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante evaluada por la técnica FRAP. Esta correlación fue aún mayor en las muestras procedentes de California ($P = 0.92$). En general, las muestras de duraznos comercializadas en Ciudad Juárez mostraron una contribución adecuada de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante a la dieta.

Palabras clave: *Prunus persica* L., compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, FRAP, ORAC.

Abstract

Total phenolics content (Folin-Ciocalteu), and total antioxidant capacity (FRAP and ORAC, techniques) were evaluated in peaches Prisco variety (*Prunus persica* L.) commercialized in Ciudad Juarez, which come from three different growing areas: two from Mexico, Sonora and Chihuahua states, and one from USA, California state. Total phenolics and antioxidant capacity were determined from methanol extracts at 80%. Samples from Sonora showed the highest values for phenolic content (121 mg CAE/100g fresh weight), and for antioxidant capacity (2.5 mmol Fe/100g by FRAP and 18.15 mmol TE/100 g fresh weight by ORAC). A meaningful correlation was found ($P=0.56$) between the total phenolic content and the antioxidant capacity evaluated by FRAP. This correlation was even highest in the samples from California ($P=0.92$). In general, all peach samples commercialized in Ciudad Juarez showed an appropriated contribution of phenolics and antioxidant capacity to the diet.

Keywords: *Prunus persica* L., phenolics compounds, antioxidant capacity, FRAP, ORAC.

¹ Departamento de Ciencias Básicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Anillo Envolverte PRONAF y Estocolmo s/n, 32310, Ciudad Juárez, Chih. Tel. y fax 01 (656) 6881835.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD, A.C.), Dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Carretera a la Victoria Km. 0.6 La Victoria, Hermosillo, Son. 83000.

³ Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias. 5 de Febrero 818 Sur, Ciudad Obregón, Son. 85000.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: jogarcia@uacj.mx.

Introducción

En el estado normal del metabolismo, los niveles de oxidantes y antioxidantes en el hombre se mantienen en equilibrio, lo cual es importante para mantener las condiciones fisiológicas óptimas (Temple, 2000). La sobreproducción de oxidantes en determinadas condiciones puede producir un desequilibrio que conduzca a daño oxidativo de diferentes biomoléculas tales como lípidos, ADN, y proteínas. La presencia de antioxidantes tiene un efecto protector, tal es el caso de los polifenoles.

Estos fitoquímicos en frutas y vegetales pueden presentar diferentes mecanismos que se complementen o sean sinérgicos en la neutralización de los agentes oxidantes, estimulación del sistema inmune, regulación de la expresión de genes implicados en la proliferación y apoptosis celular, regulación del metabolismo de hormonas y efecto antiviral y antibacteriano (Liu, 2004). Por ello, en los últimos años el interés en los polifenoles se ha incrementado especialmente en nutriólogos, epidemiólogos y en la industria de los alimentos. Los polifenoles son los antioxidantes más abundantes en la dieta, ya que la ingesta media está estimada en alrededor de 1g, lo cual supone 10 veces más que la ingesta de vitamina C, 100 veces más que vitamina E y 500 la de carotenoides (Scalbert y Williamsom, 2000). Los compuestos polifenólicos presentes en la dieta mejoran la estabilidad frente a la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), proceso que ha sido asociado de forma significativa con la génesis de aterosclerosis y enfermedades del corazón (Steinbert *et al.*, 1989). Los polifenoles presentes en las frutas incluyen a un amplio rango de componentes con actividad antioxidante, tales como los ácidos hidroxicinámicos, hidroxibenzóicos, flavonoles, flavanoles, antocianinas, etc. La abundancia relativa de cada uno de estos compuestos depende en gran medida de la especie, tipo de cultivo, piel y parte comestible o pulpa, suelo, estado de madurez, horas luz, incluso de la fertilización (Eberhardt *et al.*, 2000; Barberan *et al.*, 2001).

Con el fin de valorar la eficacia de los antioxidantes de la dieta, tanto en forma pura como en extracto de los alimentos, así como

para determinar la capacidad antioxidante del plasma sanguíneo como un índice del estatus antioxidante *in vivo*, se han desarrollado diferentes métodos que se fundamentan en diferentes mecanismos. La mayor parte de los métodos se basan en una reacción de transferencia de un electrón (SET por sus siglas en inglés) o en una reacción de transferencia de un átomo de hidrógeno (HAT por sus siglas en inglés) entre un antioxidante y el radical libre. Dentro de los métodos que se basan en el mecanismo SET, en los que se valora la capacidad reductora del antioxidante, uno de los más utilizados es el método de FRAP (poder antioxidante de la reducción férrica, por sus siglas en inglés). Esta metodología consiste en medir el incremento en la absorbancia a 593 nm (azul) que se desarrolla cuando el complejo TPTZ-Fe⁺³ se reduce a TPTZ-Fe⁺² (Benzie y Strain, 1996). De esta forma, la capacidad antioxidante que presentan los extractos de diferentes frutas y vegetales se mide como la capacidad reductora del extracto. En cuanto al mecanismo HAT, en donde el antioxidante y el radical peróxilo forman una asociación estable mediante la transferencia de un átomo de hidrógeno desde el antioxidante al radical, de forma que se detiene la reacción de oxidación en cadena, se encuentra el método de ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno, por sus siglas en inglés). Este método consiste en medir la pérdida de fluorescencia de la fluoresceína debido a su oxidación por acción de un radical peróxido, e integrar el área bajo la curva de intensidad de fluorescencia frente al tiempo. La capacidad antioxidante del extracto se determina a partir del valor del área bajo la curva, ya que la presencia de

antioxidantes retrasa el descenso de la fluorescencia, con lo cual es posible calcular esa capacidad antioxidante. Sin embargo, los resultados de capacidad antioxidante valorada por estos dos métodos no siempre coinciden, de hecho, existen dificultades para comparar resultados, incluso entre métodos basados en el mismo mecanismo redox, según ha sido descrito por numerosos autores, lo cual conlleva a obtener resultados variables entre publicaciones (Stratil *et al.*, 2007). Es por ello que actualmente se recomienda que los estudios de valoración de la capacidad antioxidante de alimentos se lleven a cabo utilizando más de una técnica analítica.

El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido en fenoles totales, mediante la metodología de Folin-Ciocalteu, y la capacidad antioxidante, mediante las metodologías de FRAP y ORAC, de los duraznos comercializados en el mercado de Ciudad Juárez, Chihuahua, procedentes de California (EEUU), Sonora y Chihuahua (México), para así aportar información sobre el posible impacto benéfico a la salud de una de las frutas más consumidas en esta ciudad.

Materiales y métodos

Materiales analizados. Los duraznos (*Prunus persica* L.) de la variedad Prisco procedentes de California y Sonora fueron comprados en la central de abastos de Ciudad Juárez durante Junio-Agosto del 2004. Las muestras del estado de Chihuahua fueron donadas por la empresa "Frutas Paquimé". Cada grupo de duraznos consistió en 24 unidades. Todas las muestras fueron cortadas, congeladas a -80°C en un ultra congelador (Thermo Forma 900, Marietta, OH, EEUU), liofilizadas durante 48 h (Sistema de liofilizado y congelación Labconco, Corporación Labconco, Labconco, Kansas City, MO, EEUU) y almacenadas a -80°C hasta su análisis.

Contenido de fenoles totales. El extracto de los duraznos se obtuvo de acuerdo con la metodología descrita por Kähkönen *et al.* (1999).

Brevemente, 0.1 g de durazno liofilizado y finamente pulverizado, se mezclaron con 5 mL de metanol al 80% y se sonicó durante 15 min en la oscuridad. El extracto se centrifugó (3000 g) (Eppendorf, Hamburgo, Alemania) por 10 min a 4°C y se reservó el sobrenadante. El proceso se repitió de nuevo para obtener un volumen total de 10 mL. Este extracto se utilizó para la determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante.

Los fenoles se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por Georgé *et al.* (2005), con el reactivo de Folin-Ciocalteu y usando ácido caféico (Sigma) en solución metanólica al 80% como estándar (Alvarez-Parrilla *et al.*, 2007). Brevemente, a $50\mu\text{L}$ de extracto (o estándar de calibrado) se le agregaron $250\mu\text{L}$ de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma) (diluido 1:10 en H_2O destilada), se agitó y dejó reposar 2 min a temperatura ambiente. A continuación se agregaron $200\mu\text{L}$ de Na_2CO_3 (75 mg/L), se incubó durante 15 min a 50°C y finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente. La absorbancia a 760 nm fue determinada usando un lector de microplaca BioRad BenchmarkPlus (Bio-Rad México, México D. F., México) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido caféico (CAE)/100g de peso fresco (PF).

Determinación de capacidad antioxidante total mediante la metodología de FRAP. La capacidad antioxidante fue determinada de acuerdo a la metodología de Benzie y Strain (1996), modificada por Alvarez-Parrilla *et al.* (2007). El reactivo FRAP fue preparado diariamente, y mantenido a 37°C , mediante la mezcla de tampón acetato (0.3 M pH 3.6) con una solución 10 mM de TPTZ (2, 4, 6 tripiridil-s triazina, Acrôs Organics, EEUU) en HCl 40 mM, y una solución 20 mM de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, en una proporción de 10:1:1. Las soluciones del ensayo se prepararon mezclando $180\mu\text{L}$ del reactivo de FRAP con $24\mu\text{L}$ de una mezcla de agua/muestra en proporción 3:1. Para la obtención de las curvas de calibración se utilizó una solución metanólica (80%) de Fe^{2+} en el rango de 100 a $3000\mu\text{M}$ a partir de una solución madre $3000\mu\text{M}$ de FeSO_4

7H₂O. Todas las lecturas se llevaron a cabo a 37 °C. La absorbancia se midió a 595 nm, cada 30 s, durante 60 min., mediante un lector de microplaca BioRad Benchmark Plus (Bio-Rad México, México D. F., México). Los resultados se expresaron como mmol de Fe²⁺/100 g de peso fresco (PF) del durazno, calculados al minuto 30.

Determinación de capacidad antioxidante total mediante la metodología de ORAC. Se llevó a cabo con base en la metodología descrita por Eberhardt *et al.* (2005) con ligeras modificaciones. Se realizaron curvas de calibración con ácido 6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox), 20-100 µM en solución salina. Los resultados de capacidad antioxidante fueron expresados en milimoles de equivalentes de trolox/100g de peso fresco (mmol TE/100g PF). Las determinaciones se realizaron en una microplaca de 96 pocillos. Se colocaron en cada pocillo 20 µL de estándar de calibrado o muestra (dilución 1:100), se agregaron 120 µL de fluoresceína 70 nM y se incubó en oscuridad a 37 °C durante 20 min. Una vez transcurrido este tiempo, se agregaron 60 µL de dihidrocloruro de 2,2-Azobis-2-metilpropionamida (AAPH) 4.8 mM, se agitó y se midió la fluorescencia en un lector de microplacas marca Biotek (FLx800) (Bio-Tek Instruments, Winooski, VT, EEUU), con filtro de excitación 485/20 nm y de emisión 528/25 nm. Las áreas bajo la curva de las gráficas de intensidad de fluorescencia vs tiempo fueron calculadas mediante el software Sigma Plot 9.1 (Systat Software Inc., San José, CA, EEUU).

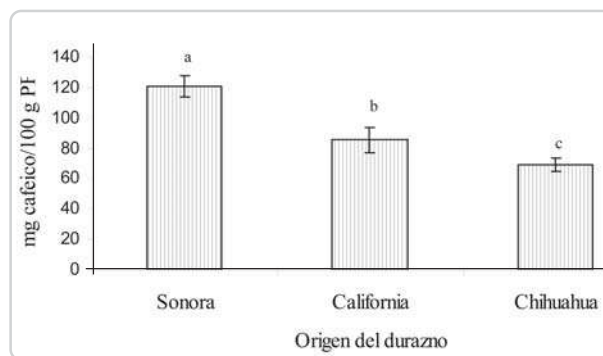
Análisis estadístico. Todas las muestras (tres grupos de 24 unidades cada uno, de los tres orígenes mencionados California (EEUU), Sonora y Chihuahua (México)) se analizaron por cuadruplicado. Las diferencias entre muestras de diferentes regiones de cultivo fueron analizadas mediante las pruebas ANOVA y Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. La correlación entre variables se realizó mediante una prueba de correlación de Pearson, con un nivel de significancia de $p < 0,01$.

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software SPSS 15.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, EEUU).

Resultados y discusión

Contenido de fenoles totales en duraznos comercializados en Ciudad Juárez. En la Figura 1 se presentan los valores de concentración de fenoles, expresados como mg equivalentes de ácido caféico en 100 g de peso fresco (CAE/100 g PF). Las muestras de duraznos procedentes del estado de Sonora, fueron las que mayor concentración de fenoles presentaron dentro de las comercializadas en el Mercado de Ciudad Juárez. Su contenido fue de 121 ± 34 mg de CAE/100g PF, seguido por las muestras procedentes del estado de California (EEUU) con 85 ± 39 (mg CAE/100g PF).

Figura 1. Contenido de fenoles totales para las muestras de duraznos variedad Prisco de los estados de Sonora, California y Chihuahua expresados en mg de ácido caféico/100 g de peso fresco (PF).



Valores medios y desviación estándar de cuadruplicados. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) (n=24).

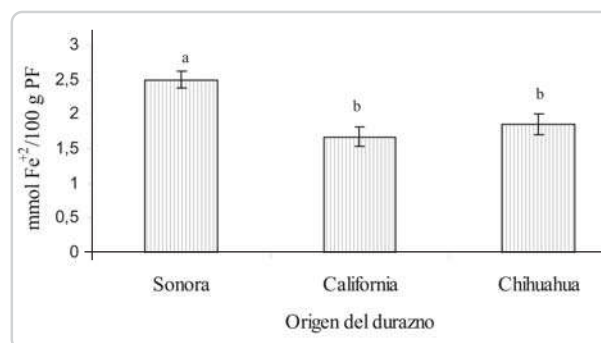
Las muestras procedentes del estado de Chihuahua fueron las que menor contenido en fenoles presentaron con 69 ± 22 y todos los grupos fueron significativamente diferentes entre sí. Las muestras de los estados de California (USA) y Chihuahua (México) presentaron valores similares a los reportados por Chang *et al.* (2000) para duraznos de la variedad Clingstone (Winters, California, EEUU) con

valores comprendidos entre 80 y 47 mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100g de peso fresco. Sin embargo, el grupo de muestras procedentes del estado de Sonora (120 mg CAE/100g PF) fueron superiores a las reportadas por estos autores. Las muestras de duraznos comercializados en el Mercado de Ciudad Juárez, presentaron valores mayores en contenido de fenoles a los reportados para duraznos comercializados en Reino Unido (38 mg GAE/100g PF) pero mucho menores a los reportados para las fresas (330 mg GAE/100g PF), que fueron las frutas con mayor concentración de fenoles reportadas en dicho estudio (Proteggente *et al.*, 2002). En otro estudio realizado en el área de Fresno, California (USA), mediante un análisis por HPLC, las muestras de duraznos amarillos mostraron valores entre 61.2 y 21.1 mg/100g y las de duraznos blancos, entre 110.9 y 28.2 mg/100g en peso fresco (Gil *et al.*, 2002). De nuevo los valores descritos para los duraznos comercializados en Ciudad Juárez fueron ligeramente superiores. Esta diferencia en el valor de fenoles totales reportada para duraznos de California, puede ser explicada considerando que el método de Folin puede producir una ligera sobreestimación debido a que otros componentes diferentes a los fenoles pueden reaccionar con el reactivo de Folin-Ciocalteu. Kähkönen *et al.* (1999) reportaron valores de fenoles libres para diferentes frutas, los cuales oscilaron entre 1190 (manzana) y 5080 (baya similar al arándano, *Empetrum nigrum*) mg GAE /100g en peso seco (PS). Los valores obtenidos en las muestras de durazno comercializadas en Juárez, fueron ligeramente inferiores (alrededor de 800 mg CAE/100g PS) a lo reportado por estos autores para la manzana. Como se puede apreciar los duraznos comercializados en el Mercado de Ciudad Juárez, presentaron valores altos en comparación a los descritos en otros estudios. Es así, que se considera que esta fruta puede contribuir de manera muy positiva en la alimentación, de modo que un durazno contribuiría con aproximadamente un 10% del

aporte total de compuestos fenólicos en la dieta, que ha sido calculado en 1g de compuestos fenólicos totales al día para la población estadounidense (Scalbert y Williamsom, 2000).

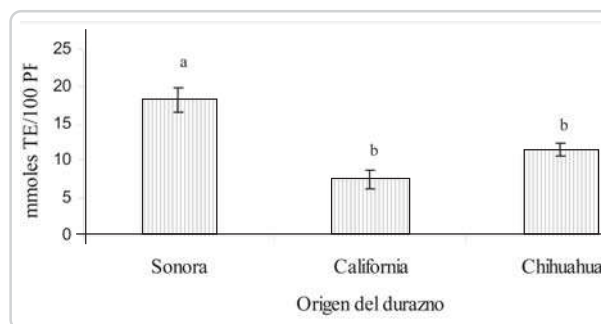
Capacidad antioxidante total de duraznos comercializados en Ciudad Juárez. La Figura 2 muestra los valores de capacidad antioxidante total de duraznos comercializados en Ciudad Juárez, determinados mediante la metodología de FRAP y expresados como mmol Fe²⁺/100 g PF.

Figura 2. Capacidad antioxidante total, valorada por metodología de FRAP para las muestras de duraznos variedad Prisco de los estados de Sonora, California y Chihuahua, expresados en mili moles de Fe²⁺/100 g de peso fresco (PF).



Valores medios y desviación estándar de cuadruplicados. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) (n=24).

Figura 2. Capacidad antioxidante total, valorada por metodología de FRAP para las muestras de duraznos variedad Prisco de los estados de Sonora, California y Chihuahua, expresados en mili moles de Fe²⁺/100 g de peso fresco (PF).



Valores medios y desviación estándar de cuadruplicados. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) (n=24).

La Figura 3 muestra los valores cuantificados por la técnica de ORAC, que se expresan en mmol TE/100 g PF. En ambos

casos, las muestras de durazno procedentes del estado de Sonora fueron las que mayor capacidad antioxidante presentaron, con valores de 2.50 ± 0.59 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF y 18.15 ± 7.9 mmol TE/100 g PF, según la técnica FRAP y ORAC, respectivamente. Las muestras procedentes de Chihuahua y California fueron estadísticamente iguales entre sí y presentaron valores entre 1.86 y 1.67 mmol. $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF según la metodología FRAP (Figura 2) y entre 11.46 y 7.53 mmol TE/100 g PF evaluados mediante ORAC (Figura 3).

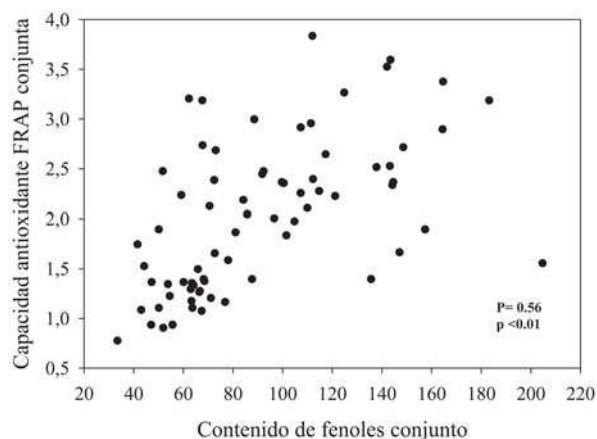
Al comparar estos resultados con los reportados en la literatura, se observa que los valores calculados según la metodología FRAP para las muestras de durazno de Sonora son superiores a los reportados por Imeh y Khokhar (2002) para duraznos de Reino Unido (1.76 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF), mientras que las muestras de Chihuahua y California presentaron valores similares a las británicas. Los valores más altos reportados por estos autores fueron para muestras de manzana variedad Braeburn con 2.89 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$, y los más bajos los mostrados por los kiwis con valores de 1.57 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ en peso fresco (Imeh y Khokhar, 2002); es decir, la capacidad antioxidante de los duraznos cultivados en Sonora es comparable a las de las manzanas Braeburn. Los duraznos comercializados en Ciudad Juárez también mostraron valores superiores a los reportados por Remorini *et al.* (2008) que se situaron alrededor de 1.25 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF. Otro estudio sobre capacidad antioxidante evaluada mediante la técnica de FRAP, fue realizado en hortalizas donde se observaron valores que oscilaron entre 1.7 y 0.4 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ para el berro y col respectivamente (Márquez *et al.*, 2006). Por tanto, la capacidad antioxidante de los duraznos comercializados en Ciudad Juárez es elevada, en comparación con hortalizas en general.

Por otro lado, los valores de capacidad antioxidante determinada por el método de ORAC son considerablemente mayores a los reportados por diversos autores para varias frutas, vegetales y legumbres. Patthamakanokporn *et al.* (2008)

reportaron valores entre 2.5 y 0.3 mmol TE/100g PF en diferentes frutas tropicales, mientras que Wu *et al.* (2004) encontraron desde 9.26 hasta 0.14 mmol TE/ 100 g PF en diversas frutas y $14.9 - 0.11$ mmol TE/100 g PF en vegetales (incluyendo leguminosas).

Correlación entre contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Se analizó la correlación, utilizando todas las muestras de durazno de forma conjunta, entre: i) capacidad antioxidante, valorada por la metodología de FRAP y contenido de fenoles; ii) capacidad antioxidante valorada por la técnica ORAC y contenido de fenoles; y iii) capacidad antioxidante valorada por FRAP con capacidad antioxidante valorada por ORAC. Solamente se encontró una correlación significativa ($R= 0.56$, $P < 0.01$) entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante total mediante la metodología de FRAP, tal y como podemos observar en la Figura 4.

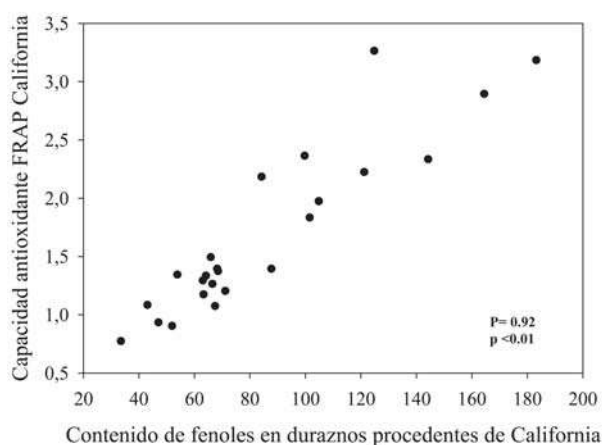
Figura 4. Correlación global entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante total evaluada por FRAP de duraznos variedad Prisco de diferentes áreas de cultivo (Pearson, 0.01).



Las correlaciones encontradas entre otros parámetros fueron aún menores y no significativas. Esto sugiere que la metodología de FRAP es más adecuada para determinar la capacidad antioxidante dada por compuestos polifenólicos en duraznos, pero que a su vez, la capacidad antioxidante de estas frutas depende

también de otros compuestos, como vitamina C y carotenoides (Imeh y Khokhar, 2002). Otra fuente de interferencia en la capacidad antioxidante de frutas se debe a la alta cantidad de azúcares, los cuales son compuestos reductores, más no antioxidantes (Kähkönen *et al.*, 1999). Sin embargo, al realizar el análisis estadístico individualizado atendiendo a la procedencia de las muestras, se observó que la correlación de los compuestos fenólicos totales con la capacidad antioxidante valorada mediante la metodología de FRAP, en las muestras de California (Figura 5), fue muy elevada, ya que mostró una $R = 0.92$ ($P < 0.01$) lo cual confirma que los compuestos fenólicos aportan una buena proporción de la capacidad antioxidante de estas frutas.

Figura 5. Correlación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante total evaluada por FRAP en las muestras de duraznos variedad Prisco de California (Pearson, 0.01).




Conclusiones

Los duraznos procedentes del estado de Sonora mostraron un mayor contenido en fenoles (121 ± 34 mg de CAE/100g PF) y de capacidad antioxidante, por las dos metodologías empleadas FRAP y ORAC (2.50 ± 0.59 mmol Fe^{+2} /100g PF y 18.15 ± 7.9 mmol TE/100 g PF, respectivamente). El aporte de compuestos fenólicos para todos los duraznos analizados supondría aproximadamente un 10%

de los fenoles que se consumen en la dieta norteamericana, y que ha sido reportado como de 1 g diario. Finalmente, se encontró una correlación entre el contenido en fenoles y la capacidad antioxidante valorada mediante FRAP ($R = 0.56$), que en el caso de las muestras de duraznos procedentes de California, EEUU fue mayor que en el resto de las muestras ($R = 0.92$).

Literatura citada

- ALVAREZ-PARRILLA, E., L. A. De la Rosa, N. R. Martínez, and G. A. González Aguilar. 2007. Total phenols and antioxidant capacity of commercial and wild mushrooms from Chihuahua, México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5:329-34.
- BENZIE, I. F. F., and J. J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239:70-76.
- CHANG, S., C. Tan, E. N. Frankel, and D. M. Barrett. 2000. Low density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenols oxidase activity in selected Clingstone peach cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:147-151.
- EBERHARDT, M. V., C. Y. Lee, and R. H. Liu. 2000. Nutrition: Antioxidant activity of flesh apples. *Nature* 405:903-904.
- Eberhardt, M. V., K. Kobira, A. S. Keck, J. A. Juvik, and E. H. Jeffery. 2005. Correlation analyses of phytochemical composition, chemical and cellular measures of antioxidant activity of broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. italica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:7421-7431.
- GEORGE, S., P. Brat, P. Alter, and M. J. Amiot. 2005. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:1370-1373.
- GIL, M. I., F. A. Tomas-Barberan, B. Hess-Pierce, and A. Kader. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:4976-4982.
- IMEH, U., and S. Khokhar. 2002. Distribution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivars variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:6301-6306.
- KÄHKÖNEN, M.P., A. I. Hopia, J. V. Heikki, R. Jussi-Pekka, K. Pihlaja, T. S. Kujala, and M. Heinonene. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:3954-3962.
- LIU, R. H. 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *The Journal of Nutrition* 134:3479S-3485S.
- MÁRQUEZ, E., N. Park, H. Araya, and J. L. Rodríguez. 2006. Actividad antioxidante total de algunas hortalizas evaluadas mediante el ensayo FRAP. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 16:37-41.
- PATTHAMAKANOKPORN, O., P. Puwastien, A. Nithamyong, and P. P. Sirichakwal. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* 21:241-248.

- PROTEGGENTE, A. R., A. S. Pannala, G. Paganga, L. Van Buren, E. Wagner, S. Wiseman, F. Van de Put, C. Dacombe, and C. A. Rice-Evans. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research* 36:217-233.
- REMORINI, D., S. Tavarini, E. Degl'Innocenti, F. Loreti, R. Massai, and L. Guidi. 2008. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. *Food Chemistry* 110:361-367.
- SCALBERT, A., G. Williamson. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition* 130:2073S-2085S.
- STEINBERT, D., S. Parthasarathy, T. E. Carew, J. C. Khoo, and J. L. Witztum. 1989. Beyond cholesterol. Modification of low-density lipoproteins that increase its atherogenicity. *New England Journal of Medicine* 320:915-924.
- STRATIL, P., B. Klejdus, and V. Suban. 2007. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta* 71:1741-1751.
- TEMPLE, N. J. 2000. Antioxidants and disease: More questions than answers. *Nutrition Research* 20:449-459.
- WU, X., G. R. Beecher, J. M. Holden, D. B. Haytowitz, S. E. Gebhardt, and R. L. Prior. 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common food in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:4026-4037. 

Este artículo es citado así:

Rodrigo-García, J., L. A. De la Rosa, B. Herrera-Duenez, A. G. González-Barrios, J. A. López-Díaz, G. A. González-Aguilar, S. Ruiz-Cruz y E. Alvarez-Parrilla. 2011: *Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(2): 67-75.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

JOAQUÍN RODRIGO GARCÍA. Terminó su licenciatura en 1992, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Veterinaria, en 1998 obtuvo su título de Doctor en Veterinaria en el área de Nutrición y Bromatología por la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia, España. Desde 1999 trabaja en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y en el de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y posee la categoría de Profesor-Investigador titular C. Es colaborador del postgrado de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, del Instituto Politécnico Nacional (2000-2002; 2009-presente). Actualmente se encuentra en estancia sabática en la Universidad de Texas en el Paso, en el área de neurociencias relacionado a la prevención del estrés oxidativo mediante fitoquímicos. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores como Candidato el periodo 2000-2003 y como nivel I desde 2007. Actualmente trabaja sobre el efecto en la salud de fitoquímicos y en el área de caracterización química y actividad biológica de fitoquímicos obtenidos de productos alimenticios. Ha dirigido 10 tesis de licenciatura, 1 de maestría y 3 como asesor y actualmente 1 de doctorado. Es autor de aproximadamente 15 artículos científicos en revistas internacionales y 7 capítulos de libro. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT y proyectos internos de la universidad Autónoma de Baja California y del Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, CIAD.

LAURA A. DE LA ROSA. Terminó su licenciatura en 1996, año en que le fue otorgado el título de Licenciada en Oceanología por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Realizó su posgrado en España, donde obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Biológicas en el área de Farmacología en 2001 por la Universidad de Santiago de Compostela. Desde 2002 labora en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y posee la categoría de Profesor-Investigador titular C. Recientemente ha realizado una estancia sabática en el Departamento de Bioquímica de la Memorial University of Newfoundland, Canadá en el área de alimentos funcionales. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2002 (Nivel 1). Actualmente trabaja en el área de caracterización química y actividad biológica de fitoquímicos obtenidos de productos alimenticios. Ha dirigido 13 tesis de licenciatura y 1 de maestría. Es autora de aproximadamente 25 artículos científicos en revistas internacionales, 9 capítulos de libro y co-editora de 2 libros científicos. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT y proyectos internos de la universidades Autónoma de Baja California, Autónoma de Chihuahua y Universidad de Colima.

JOSÉ ALBERTO LÓPEZ DÍAZ. Obtuvo el título de Químico Biólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca en 1995. Realizó estudios de posgrado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo obteniendo el grado de Maestro y Doctor en Ciencias en el área de Ciencia de los Alimentos en el año 2003. Desde 2005 es profesor investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el Instituto de Ciencias Biomédicas. Su área de especialización es la química y bioquímica de los alimentos. Ha dirigido 8 tesis de licenciatura y 2 de maestría. Es autor de diversos artículos de difusión y divulgación, capítulos de libro, ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales y ha dirigido proyectos de investigación con financiamiento externo.

SAÚL RUIZ CRUZ. Terminó su licenciatura en 2000, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero bioquímico en alimentos por el Instituto Tecnológico de los Mochis. Realizó su posgrado en Hermosillo, Sonora, México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias (2002) y el grado de Doctor en Ciencias (2005) en el área de alimentos de origen vegetal por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Laboró en CIAD (unidad Delicias) del 2006 al 2008. Desde 2008 labora en el Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y posee la categoría de Académico titular B. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2006 (Nivel 1 2006-2011). Su área de especialización es la bioquímica y tecnología de frutas y hortalizas e inocuidad alimentaria. Ha dirigido 10 tesis de licenciatura, 1 de maestría y 3 de doctorado en proceso. Es autor de aproximadamente 15 artículos científicos, más de 30 ponencias en congresos, y 7 capítulos de libros científicos; además ha impartido 16 conferencias por invitación y ha dirigido 2 proyectos de investigación financiados por fuentes nacionales. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (ciencia básica, fondos mixtos) y Fundación Produce Chihuahua, y es revisor de revistas científicas de circulación nacional e internacional.

EMILIO ALVAREZ-PARRILLA. Terminó su licenciatura en 1992, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Oceanología por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Realizó su posgrado en España, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ciencia e Ingeniería de Alimentos en 1995 por la Universidad Politécnica de Valencia y el grado de Doctor en Ciencias Químicas en el 2000 por la Universidad de Santiago de Compostela. Desde 2001 labora en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ y posee la categoría de Profesor Investigador de Tiempo Completo categoría C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2001 (Nivel 1). Su área de especialización es fitoquímicos de alimentos y sus efectos benéficos sobre la salud. Ha dirigido 22 tesis de licenciatura y 2 de maestría. Es autor de 27 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos, y 18 capítulos de libros científicos, y coeditor de 2 libros científicos; ha participado 13 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y proyectos internos de la Universidad de Colima y Universidad Autónoma de Baja California, es árbitro de once revistas científicas de circulación internacional.

Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque

Pectic molecules: extraction and its packing potential application

DANIELA SÁNCHEZ ALDANA-VILLARRUEL¹, CRISTÓBAL NOÉ AGUILAR-GONZÁLEZ¹,
JUAN CARLOS CONTRERAS-ESQUIVEL¹, GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ-MOORILLÓN^{2,3}

Recibido: Febrero 2, 2011

Aceptado: Junio 20, 2011

Resumen

Las pectinas son polisacáridos presentes en los tejidos vegetales, compuestos principalmente por cadenas de ácido galacturónico. Las pectinas se han extraído por diferentes métodos de los tejidos vegetales de diversos frutos, principalmente de los materiales de desecho como por ejemplo de la pomaza de manzana y de las cáscaras de cítricos, en los cuales se ha encontrado un mayor rendimiento. La demanda mundial de pectinas ha ido en aumento debido a la gran aplicabilidad de esta materia, ya que se ha empleado en la industria alimentaria por su alto poder gelificante y espesante, también tienen una gran aplicación en la industria farmacéutica y cosmética. Recientemente se han encontrado reportes del empleo de pectinas para la fabricación de recubrimientos y películas de empaque como alternativa a los empaques de origen sintético, con lo cual pueden aprovecharse los desechos o subproductos de la producción agrícola. Estos materiales llegan a representar la mitad del peso fresco total del fruto y son particularmente ricos en pectinas.

Palabras clave: biopolímeros, residuos agroindustriales, cubiertas comestibles.

Abstract

Pectin is a polysaccharide found in vegetable tissues, which are mainly formed by galacturonic acid chains. Extraction of pectin from vegetable tissue has been done by a variety of methods, using as starting material, either fruits or waste material derived from fruit processing, like apple pomace or citric fruit peel, that have given high extraction yields. Worldwide demand of pectin has been increased due to the great applicability in different areas, including the food industry, where pectin is used as gelling and thickening agent; it is also been used in the pharmaceutical and cosmetic industries. Recently, pectin has been utilized in the production of edible coating and films to be used as packing materials, as an alternative to synthetic materials; that, at the same time, is an alternative to use the waste material and residues from agricultural production. These materials represent nearby the half of the fruit total weight and are particularly rich in pectin.

Keywords: biopolymers, agroindustrial residues, edible films.

Introducción

Las pectinas son polisacáridos de origen vegetal, heterogéneos, higroscópicos y solubles en ácidos y agua, con propiedades de gelificación, estabilización de emulsiones y aporte de fibra nutricional (Zapata *et al.*, 2008). Se encuentran en la pared celular primaria en las regiones intercelulares de frutas y vegetales (Sothornvit y Pitak, 2007; Coma, 2010).

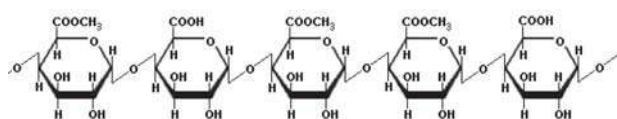
¹ Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. V. Carranza s/n Col. República Oriente, Saltillo, Coahuila. Tel. (01-844) 415-5392, Fax (01-844) 415-9534.

² Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Universitario II. Apdo. Postal 1542-C. Chihuahua, Chih., México. 31125. Tel. (614) 236-6000.

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

Estructuralmente, las pectinas están constituidas por un esqueleto de residuos de ácido galacturónico (AGA) unidos entre sí por enlaces α -1,4 (Fishman y Cooke, 2009). Algunos de los grupos carboxílicos de las moléculas de AGA en las cadenas de pectina están metil esterificados y el porcentaje de grupos esterificados se expresa como GE (grado de esterificación) (Figura 1). Las pectinas se han dividido en dos grandes grupos, dependiendo de su GE, como pectinas de alto metoxilo (PAM) con un GE mayor a 50% y pectinas de bajo metoxilo (PBM) con un GE menor a 50% (Mollea *et al.*, 2008).

Figura 1. Región de la cadena lineal de la estructura de la pectina.



A la región de residuos de AGA se le denomina Homogalacturonano (HG) o región lisa, y normalmente equivale a un 70-80% de la masa total de la pectina, particularmente en frutos cítricos (Fishman y Cooke, 2009). A su vez, el esqueleto estructural de HG puede estar interrumpido por moléculas de ramnosa unidas por enlaces α -1,2, a partir de los cuales se forman cadenas laterales de azúcares, principalmente L-arabinosa y D-galactosa, generando de esta manera la región denominada Ramnogalacturonano (RG) o región ramificada (Happi *et al.*, 2008). Es importante señalar que las propiedades funcionales de las pectinas dependen de su grado de esterificación y de los grupos funcionales que interrumpan los residuos de ácido galacturónico, entre otros factores (Yoo *et al.*, 2006).

Para la formación de geles a partir de pectinas de alto metoxilo (PAM), es necesaria la incorporación de grandes cantidades de azúcar y un pH bajo (Correa *et al.*, 1999). Por otra parte, las pectinas de bajo metoxilo (PBM)

requieren de iones calcio para formar geles. Estas pectinas gelifican por los enlaces iónicos entre el calcio y los grupos carboxilo de las pectinas a un pH de 3.2 a 4 (Coma, 2010).

La obtención de pectinas a partir de diferentes fuentes vegetales, es un tema de amplia importancia, debido a la problemática de desabastecimiento en algunos países y la posibilidad de buscar nuevas fuentes para su obtención a partir de recursos bióticos propios de una región o incluso de residuos agroindustriales. Por ejemplo, de la extracción de jugo de limón se obtienen subproductos que alcanzan hasta la mitad del peso total del fruto. Si estos subproductos se tratan como materiales de desecho, pueden ocasionar problemas ambientales. Sin embargo, las cáscaras y bagazo de cítricos están compuestos por biomateriales tales como aceites, pectinas, proteínas, azúcares, por lo que pueden ser una fuente para la obtención de estos materiales (Ueno *et al.*, 2008).

Aplicaciones de las pectinas

Se estima que el consumo anual de pectina en el mundo es de aproximadamente 45 millones de kilogramos. Actualmente, se extrae pectina de una gran cantidad de fuentes como tejocote, uvas, remolacha, pomaza de manzana y cáscara de cítricos (Woo *et al.*, 2010).

La función comercial más importante de las pectinas en los alimentos es que actúa como gelificante, como agente de textura y espesante en alimentos procesados, y como emulsionante y estabilizante en productos lácteos y en helados (Rezzoug *et al.*, 2008). El uso de pectina en mermeladas de alto contenido de azúcar es una de las aplicaciones más conocidas. Se ha descrito que las pectinas contienen cualidades terapéuticas (reductor de colesterol e inductor de apoptosis de células cancerígenas del colon), razón por la cual también se emplean en el área farmacéutica (Kumar y Chauhan 2010; Ele-Ekouna *et al.*, 2011).

Usos de las pectinas como material de empaque.

Actualmente se producen al año alrededor de 150 millones de toneladas de plásticos en todo el mundo, y esto sigue en aumento. Muchos de estos plásticos están hechos a base de petróleo, lo cual provoca serios problemas de contaminación ambiental, debido a que los polímeros formulados a partir de esta materia prima no son biodegradables (Zamudio-Flores *et al.*, 2007). Los empaques a base de biopolímeros son una alternativa al uso de empaques sintéticos (Bourtoom y Chinnan, 2008). Algunos estudios han demostrado que las películas biodegradables pueden conservar la calidad y extender la vida de anaquel de alimentos mínimamente procesados (Alves *et al.*, 2007; Chen y Lai, 2008).

Se han realizado investigaciones sobre el uso de pectinas para la fabricación de empaques y recubrimientos comestibles. Algunas de ellas han usado mezclas de biomateriales para fabricar películas biodegradables comestibles, mezclando pectina, almidón y glicerol con buenas propiedades mecánicas, además de tener buenas propiedades de permeabilidad al oxígeno (Coffin *et al.*, 1995). Pavlath *et al.* (1999) demostraron que las soluciones acuosas de pectina pueden moldearse en películas pero con poca fuerza y baja resistencia al agua. Sin embargo, con un remoldeo de las películas inmersas en soluciones acuosas de cationes multivalentes se vuelven insolubles en agua y, dependiendo de los iones, su fuerza de tensión cambia. La fuerza de tensión de la película con CaCl_2 fue mayor que aquella sin el tratamiento de CaCl_2 . Kang *et al.* (2005) prepararon películas biodegradables usando pectinas cítricas, combinando un tratamiento de irradiación gamma e inmersión de CaCl_2 . También se ha reportado que los recubrimientos a base de pectina tienen la habilidad de retardar la pérdida de humedad y la migración de lípidos (Sothornvit y Pitak, 2007).

Métodos de extracción de pectinas

Debido a que las pectinas son compuestos que generalmente se emplean en alimentos, es necesario extraerlas del tejido vegetal mediante el uso de reactivos, disolventes y equipos que no dejen residuos tóxicos en el producto final. Por ello, el proceso de extracción debe cumplir con estas necesidades; además, las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída, tales como pH, porcentaje de cenizas, grado de gelificación y grado de esterificación entre otros, deben estar dentro del rango apropiado para que las cualidades de la pectina puedan aprovecharse (Jo *et al.*, 2005).

Las pectinas se han extraído y caracterizado de muchos frutos y vegetales, incluyendo durazno, manzana, limón y naranja (Figura 2). Sin embargo, las fuentes comerciales de pectina son casi exclusivamente a partir de pomaza de manzana (15-18% de peso seco) y de las cáscaras de cítricos (20-30% de peso seco) (Masmoudi *et al.*, 2008).

Para Schieber *et al.* (2003), desde un punto de vista económico y ecológico, la producción de pectinas es la manera más razonable de utilizar los subproductos de la industria de los jugos.

Figura 2. Fuentes de extracción de pectinas.



Existen diferentes técnicas para la extracción de pectina a partir de tejidos vegetales, en las cuales pueden utilizarse procedimientos físico-químicos, o enzimáticos (Zapata *et al.*, 2008). Con la finalidad de obtener un mayor rendimiento durante la extracción de sustancias pécticas, comúnmente se realizan pre-tratamientos al material vegetal para facilitar la extracción. Es imposible extraer pectina libre

del tejido vegetal, porque existe en una forma insoluble conocida como protopectina (Mollea *et al.*, 2008).

Extracción de pectina por métodos físico-químicos.

Se han empleado dos métodos para extraer la protopectina de las plantas, uno es usando un agente quelante para remover los cationes que constituyen a los ácidos pécticos, y el otro mediante el uso de ácidos para romper los puentes de hidrógeno entre la celulosa y los ácidos pécticos (Ueno *et al.*, 2008).

El rendimiento de pectina también depende de las condiciones de operación como la temperatura, el tiempo de extracción, el pH, los tipos de solventes de extracción usados y el uso de agentes quelantes adicionados, como es el caso del ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) y del ácido ciclo hexanodiamino tetraacético (CDTA) para ayudar a liberar pectina de la pared celular (Yeoh *et al.*, 2008).

Extracción de pectinas por el método convencional. La extracción de pectinas por métodos convencionales se lleva a cabo a temperaturas cerca de los 90 °C por al menos una hora (Fishman y Cooke, 2009). Frecuentemente las pectinas se extraen y se separan de los desechos de diferentes frutos mediante la acidificación. Comercialmente las pectinas se extraen a altas temperaturas para hidrolizar la protopectina usando ácidos como el sulfúrico, fosfórico, nítrico, clorhídrico o cítrico. Después de la concentración, la pectina se precipita con la adición de alcohol, se seca, se granula y finalmente se tamiza (Woo *et al.*, 2010).

Se ha encontrado que la extracción de pectina en soluciones acuosas ácidas es suficiente para extraer pectinas que no son sensibles al calcio. Se emplea además otra extracción bajo condiciones de ácidos fuertes para obtener la pectina restante, principalmente aquellas sensibles al calcio. Existen algunos datos experimentales sobre la extracción de pectinas con soluciones neutras o básicas, pero no se ha confirmado con certeza, la

concentración adecuada de alcohol para la precipitación de la pectina (Yeoh *et al.*, 2008). El-Nawawi y Shehata (1987) estudiaron el efecto de las condiciones experimentales en el rendimiento de la extracción de pectina de naranja y encontraron un rendimiento óptimo a 90 °C por 2 h a un pH de 1.7. Pagan y Ibarz (1999) extrajeron pectina de pomaza fresca de durazno bajo diferentes condiciones experimentales y encontraron que los mayores rendimientos se obtienen a altas temperaturas y bajos pH. Kalapathy y Proctor (2001), obtuvieron pectina por extracción ácida de cáscaras de cítricos seguido de una filtración y precipitación con alcohol 2-propanol.

Extracción de pectinas asistida por microondas. Las condiciones de extracción empleadas en el método convencional provocan la degradación térmica de proteínas, lo cual genera pérdidas de cantidad y calidad de la pectina extraída. Debido a esto, se han establecido nuevos métodos en donde la pectina puede extraerse en menores tiempos y con mejor calidad y rendimiento, como es el caso de la extracción asistida con microondas, que ha mostrado obtener mayor rendimiento y calidad de pectinas en menor tiempo (Fishman *et al.*, 2000; Fishman *et al.*, 2006).

Kratchanova *et al.* (1996) reportaron que el pre-tratamiento del material vegetal con calentamiento con microondas permitió incrementar el rendimiento de pectina durante su extracción; Fishman *et al.* (2000) confirmaron el efecto favorable del pretratamiento con microondas durante la extracción de pectina de cáscara de naranja. Los autores sugieren que el efecto del calentamiento con microondas sobre el rendimiento y la calidad de las pectinas extraídas, se debe primero a la desintegración parcial del tejido vegetal y a la hidrólisis de protopectina y en segundo lugar, a la rápida inactivación de enzimas pectolíticas.

Por su parte, Fishman *et al.* (2006) estudiaron el efecto del calentamiento con microondas sobre el rendimiento de extracción

de pectina de la cáscara de limón bajo diferentes condiciones. Recientemente se optimizaron las condiciones de extracción asistida con microondas y concluyeron que la aplicación de microondas en la extracción de pectina de pomaza de manzana redujo considerablemente el tiempo de extracción (Wang *et al.*, 2007).

Otros métodos de extracción físico-química de pectinas. También se han empleado otros métodos físico-químicos de extracción de pectinas. Ralet y Thibault (1994) usaron la técnica de extrusión como pre-tratamiento para la extracción de pectina de lima. En esta investigación se concluyó que la cantidad de pectinas solubles en agua se incrementó después del pre-tratamiento de extrusión. Shi *et al.* (1996) usaron un lavado con agua caliente antes del proceso de extracción de pectina de semilla de girasol para mejorar la calidad y cantidad de pectina; sin embargo, el pre-tratamiento incrementó la pérdida de pectina. Rezzoug *et al.* (2008) obtuvieron un alto rendimiento de pectina en seis minutos, utilizando un pre-tratamiento termo-mecánico en el que sometieron cáscara de naranja a presión de vapor (100-700 kPa), seguido de una descompresión instantánea a vacío a 5 kPa. También se ha reportado la extracción de pectinas de un fruto cítrico japonés (yuzu) usando agua supercrítica a 160 °C y 20 MPa de presión, obteniendo de esta manera un rendimiento de pectina del 80% (Ueno *et al.*, 2008).

Extracción enzimática de pectinas.

Existen pocos trabajos sobre extracción enzimática de pectinas. El método enzimático emplea pectinesterasa o pectinmetilesterasa, la cual convierte a las pectinas de alto metoxilo en pectinas de bajo metoxilo sin la despolimerización de la molécula de pectina. Correa *et al.* (1999) obtuvieron pectinas de bajo metoxilo vía enzimática (pectinesterasa de origen vegetal) con capacidad para formar geles de alta resistencia, y las compararon con geles obtenidos por vía química, encontraron que los geles obtenidos por vía enzimática eran más resistentes.

Contreras-Esquivel *et al.* (2006) extrajeron pectina de pomaza de limón utilizando endopoligalacturonasa de *Aspergillus niger* con objeto de comparar dicho proceso con la extracción convencional, encontrando un rendimiento menor en el método enzimático que en el método convencional. Ptichkina *et al.* (2008) utilizaron enzimas de *Aspergillus awamori* con la finalidad de degradar la celulosa y las sustancias insolubles de la pared vegetal de calabazas, y obtuvieron pectinas con un grado de esterificación del 53% en tres horas de procesamiento.


Conclusiones

Las pectinas son moléculas con potencial aplicación como empaque y recubrimiento de alimentos, ya que de acuerdo a su naturaleza, presentan biodegradabilidad. Dicha aplicación resulta de gran importancia debido a la problemática ambiental ocasionada por el uso excesivo de polímeros sintéticos.

La manufactura de pectinas implica la extracción, purificación y secado de la misma. Dentro de los métodos de extracción empleados se ha encontrado que el método asistido por microondas resulta más eficiente en cuanto a rendimiento, calidad de la pectina y tiempos de extracción. Por lo que se propone el empleo de esta técnica para la obtención de pectinas a partir de frutos cítricos y su aplicación para fabricación de películas de empaque y recubrimientos comestibles.

Literatura citada

- ALVES, V.D., S. Mali, A. Beléia, y M.V.E. Grossmann. 2007. Effect of glycerol and amylase enrichment on cassava starch film. *Journal of Food Engineering* 78(3):941-946.
- BOURTOOM, T. y M.S. Chinnan. 2008. Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film. *Lwt – Food Science and Technology* 41(9):1633-1641.
- CHEN, C.H. & L.S. Lai. 2008. Mechanical and water vapor barrier properties of tapioca starch/decolorized hsian-tsoo leaf gum films in the presence of plasticizer. *Food Hydrocolloids*, 22(8):1584-1595.
- COFFIN, D. R., M. L. Fishman y P. H. Cooke. 1995. Mechanical and microstructural properties of pectin/starch lms. *Journal of Applied Polymer Science* 57(6):663-670.
- COMA, V. 2010. Polysaccharide-based biomaterials with antimicrobial and antioxidant Properties. *Polímeros* 20(2):1-12.

- CONTRERAS-ESQUIVEL, J.C., C.E. Voget, CC.E. Vita, J.D. Espinoza-Perez y C.M.G.C. Renard. 2006. Enzymatic Extraction of lemon pectin by endo-polygalacturonase from *Aspergillus niger*. *Food Science and Biotechnology* 15(2):163-167.
- CORREA, C., Y. Garza, J. Rodríguez, C. N. Aguilar y J. C. Contreras-Esquivel. 1999. Geles de pectina de bajo metoxilo modificadas enzimáticamente. *Revista de la Sociedad Química de México* 43(1):15-17.
- ELE-EKOUNA, J.P., C. Pau-Roblot, B. Courtois y J. Courtois. 2011. Chemical characterization of pectin from green tea (*Camellia sinensis*). *Carbohydrate Polymers* 83(3):1232-1239.
- EL-NAWAWI, S. A. y F. R. Shehata. 1987. Extraction of pectin from Egyptian orange peel. Factors affecting the extraction. *Biological Wastes* 20(4):281-290.
- FISHMAN, M. L. y P.H. Cooke. 2009. The structure of high-methoxyl sugar acid gels of citrus pectin as determined by AFM. *Carbohydrate Research* 344(14):1792-1797.
- FISHMAN, M. L., H. K. Chau, P. D. Hoagland y A. T. Hotchkiss. 2006. Microwave-assisted extraction of lime pectin. *Food Hydrocolloids* 20(8):1170-1177.
- FISHMAN, M. L., H. K. Chau, P. Hoagland y K. Ayyad. 2000. Characterization of pectin, ash extracted from orange albedo by microwave heating, under pressure. *Carbohydrate Research* 323(1-4):126-138.
- HAPPI, T., C. Robert, S. Ronkart, B. Wathelet y M. Paquot. 2008. Characterisation of pectins extracted from banana peels (*Musa AAA*) under different conditions using an experimental design. *Food Chemistry* 108(2): 463-471.
- JO, C., Kang, H. Young Lee, N. Ho Kwon, J. y Woo Byuna, M. 2005. Pectin- and gelatin-based film: effect of gamma irradiation on the mechanical properties and biodegradation. *Radiation Physics and Chemistry* 72(6):745-750.
- KALAPATHY, U. y A. Proctor. 2001. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food Chemistry* 73(4):393-396.
- KANG, H. J., J. O. Cheorun, N. A. Young Lee, J. H. Kwon y M. W. Byun. 2005. Combination of gamma irradiation and CaCl₂ immersion for a pectin-based biodegradable film. *Carbohydrate polymers* 60(4):547-551.
- KRATCHANOVA, M., E. Pavlova, I. Panchev y C. Kratchanov. 1996. Influence of microwave pretreatment of fresh orange peels on pectin extraction. *Progress in Biotechnology* 14(1): 941-946.
- KUMAR, A. y Chauhan, G.S. 2010. Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. *Carbohydrate Polymers* 82(2):454-459.
- MASMOUDI, M., S. Besbes, M. Chaabouni, C. Robert, M. Paquot, C. Blecker y H. Attia. 2008. Optimization of pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers* 74(2):185-192.
- MOLLEA, C., F. Chiampo y R. Conti. 2008. Extraction and characterization of pectins from cocoa husks: A preliminary study. *Food Chemistry* 107(3):1353-1356.
- PAGAN, J. y A. Ibarz. 1999. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. *Journal of Food Engineering* 39(2):193-201.
- PAVLATH, A. E., A. Voisin y G. H. Robertson. 1999. Pectin based biodegradable water insoluble films Application of polymers in foods. In: Die Makromolekulare Chemie. Macromolecular, Symposium, Dallas TX.
- PTICHKINA, N.M., O.A. Markina y G.N. Rumyantseva. 2008. Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food Hydrocolloids* 22(1):192-195.
- RALET, M. C. y J. F. Thibault. 1994. Extraction and characterization of very highly methylated pectins from lemon cell walls. *Carbohydrate Research* 260(2):283-296.
- REZZOUG, S. A., Z. Maache-Rezzoug, F. Sannier y K. Allaf. 2008. A thermomechanical preprocessing for pectin extraction from orange peel. Optimization by response surface methodology. *International Journal of Food Engineering* 4(1):1-18.
- SCHIEBER, A., P. Hilt, P. Steker, H. U. Endre y C. Rentschler. 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4(1): 99-107.
- SHI, X. Q., K. C. Chang, J. G. Schwarz, D. P. Wiesenborn y M. C. Shih. 1996. Optimizing pectin extraction from sunflower heads by alkaline washing. *Bioresource Technology* 58(3):291-297.
- SOTHORNVIT, R. y N. Pitak. 2007. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. *Food Research International* 40(3):365-370.
- UENO, H., M. Tanak, M. Hosino, M. Sasaki y M. Goto. 2008. Extraction of valuable compounds from the albedo of Citrus junos using subcritical water. *Separation and Purification Technology* 62(3):513-516.
- WANG, S., F. Chen, J. Wu, Z. Wang, X. Liao y X. Hu. 2007. Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 78(2):693-700.
- WOO, K.K., Y.Y. Chong, S.K. Li Hiong y P.Y. Tang. 2010. Pectin extraction and characterization from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*): A preliminary study. *Journal of Biological Sciences* 10(7):631-636.
- YEOH, S., J. Shi y T. A. G. Langrish. 2008. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination* 218(1-3):229-237.
- YOO, S., M. L. Fishman, A. T. Hotchkiss y H. G. Lee. 2006. Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solutions. *Food Hydrocolloids* 20(1):62-67.
- ZAMUDIO-FLORES, P., L. Bello-Pérez, A. Vargas-Torres, J. Hernández-Uribe y C. Romero-Bastida. 2007. Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. *Agrociencia* 41(8):837-844.
- ZAPATA, A. D., C. A. Escobar, S. F. Cavalitto y R. Hours. 2008. Evaluación de la capacidad de solubilización de pectina de cáscara de limón usando protopectinasa-se. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 67-74. 

Este artículo es citado así:

Sánchez Aldana-Villarruel, D., C. N. Aguilar-González, J. C. Contreras-Esquivel, G. V. Nevárez-Moorillón. 2011: *Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(2): 76-82.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

DANIELA SÁNCHEZ ALDANA-VILLARRUEL. Es Egresada de la carrera de Ingeniería Química en Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ganadora del Premio Chihuahua 2008 en Ciencias Tecnológicas otorgado por el Gobierno del Estado a través del Instituto Chihuahuense de la Cultura. Obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la misma Universidad en 2010. Actualmente es estudiante de Doctorado en Ciencias en el Departamento de Investigación de Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila. Sus investigaciones han sido en torno al procesamiento mínimo de frutas y hortalizas y a la fabricación de empaques biodegradables.

CRISTÓBAL NOÉ AGUILAR GONZÁLEZ. Es Químico Farmacobiólogo con especialidad en Bromatología por la Universidad Autónoma de Coahuila (1992); realizó estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Autónoma de Chihuahua (1995) y su doctorado en Biotecnología se lo otorgó la Universidad Autónoma Metropolitana (2000). Realizó una estancia postdoctoral sobre Microbiología Molecular en el IRD-Francia. Es Profesor de Tiempo Completo Titular C adscrito al Departamento de Investigación en Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila desde hace 17 años. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II y Premio Nacional en Ciencia y Tecnología 2010 por la Academia Mexicana de Ciencias. Ha sido presidente de la Asociación Mexicana de Ciencia de los Alimentos (2007-2009) y representante de la Delegación Coahuila de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.

JUAN CARLOS CONTRERAS ESQUIVEL. Es Químico Farmacobiólogo con especialidad en Bromatología por la Universidad Autónoma de Coahuila (1992); realizó estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Autónoma de Chihuahua (1995) y su doctorado en la Universidad Nacional de la Plata, en Argentina (2003). Es profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Coahuila, y es también gerente y fundador de la empresa biotecnológica Coyote Foods, Biopolymer and Biotechnology, que produce compuestos de alto valor agregado y los exporta a diferentes partes del mundo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I, es autor o coautor de más de 30 artículos científicos y ha participado en la formación de investigadores, con más de 20 egresados de maestría y doctorado, en donde ha fungido como director del trabajo.

GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ MOORILLÓN. Cursó su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo el título de Químico Biólogo Parasitólogo. Realizó estudios de doctorado en la University of North Texas con la tesis «Biodegradación de componentes de petróleo contaminantes en aguas y suelos por bacterias del suelo»; en 1995 se le otorgó el grado de Ph.D., especialidad Biología. Ha recibido más de siete distinciones y premios, incluyendo el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Categoría Profesional (2006). Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Desde 1995 ha sido maestra de la Facultad de Ciencias Químicas (UACH) y su productividad científica incluye más de treinta artículos en revistas arbitradas; ha editado más de cuatro libros y dirigido más de 60 tesis (licenciatura, maestría y doctorado). La Dra. Nevárez pertenece a diversas sociedades científicas, citándose entre algunas de ellas la American Society for Microbiology, la Society for Microbial Ecology y la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.

Productos alternativos a la aminoetoxivinilglicina para el control de la producción de etileno en manzana 'Golden Delicious'

Aminoethoxyvinylglycine alternative products to control the release of ethylene in apple fruit cv. 'Golden Delicious'

DAVID IGNACIO BERLANGA-REYES^{1,2}, VÍCTOR MANUEL GUERRERO-PRIETO²
Y JOSÉ DE JESÚS ORNELAS-PAZ¹

Recibido: Febrero 11, 2011

Aceptado: Abril 6, 2011

Resumen

Chihuahua produce el 66 % de la manzana (*Malus x domestica* Borkh) a nivel nacional, siendo el cultivar 'Golden Delicious' el de mayor superficie plantada. La necesidad de controlar la maduración de la fruta para programar la cosecha, ha condicionado el uso de productos a base de la aminoetoxivinilglicina (AVG), un inhibidor de la síntesis del etileno, y por lo tanto de la maduración de los frutos climatéricos. Este producto es eficaz, pero de alto costo. En este estudio se evaluó la eficiencia de productos alternativos al AVG de menor costo. Se asperjaron manzanos 'Golden Delicious' en precosecha durante el ciclo 2008, con los tratamientos: ácido salicílico (AS; 1, 0.1 y 0.01 μM), cobalto (40, 60 y 80 $\text{mg Co}^{++}\cdot\text{L}^{-1}$), ácido cítrico (AC; 533 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y AVG (123 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y agua como testigo. Los tratamientos de AS (0.01 y 1.0 μM) y de AC redujeron significativamente la concentración interna de etileno en los frutos, en comparación con el testigo, y a un nivel similar al AVG, con concentraciones de etileno de 0.6, 0.6, 0.4, 1.7 y 0.4 ppm, respectivamente. Los tratamientos con cobalto, a 40 y 80 $\text{mg Co}^{++}\cdot\text{L}^{-1}$, retrasaron el pico climatérico en tres semanas. Los tratamientos con AS y cobalto indujeron frutos con color de cáscara más verde y con menor concentración de sólidos solubles, indicando un estado menos avanzado de maduración. Los tratamientos precosecha con AS, AC, y cobalto, representan una herramienta en el control de la maduración de manzanas 'Golden Delicious'.

Palabras clave: *Malus x domestica*, ácido cítrico, ácido salicílico, cobalto.

Abstract

Chihuahua produces 66 % of the apple (*Malus x domestica* Borkh) production in Mexico, being 'Golden Delicious' apple cultivar the most widely planted. The need to control fruit maturation in order to schedule harvest has made the use of aminoethoxyvinylglycine (AVG) almost a must, since it is an efficient ethylene synthesis inhibitor, and therefore a retardant of the maturation process in climacteric fruits; however it is an expensive product too. In this trial the effectiveness of alternative products to AVG, at a lower sell price, were evaluated. 'Golden Delicious' apple trees were sprayed before harvest during the 2008 season with: salicylic acid (AS; 1.0, 0.1 and 0.01 μM), cobalt (40, 60 and 80 $\text{mg Co}^{++}\cdot\text{L}^{-1}$), citric acid (AC; 533 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), AVG (123 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) and water as control. The treatments with AS (0.01 and 1.0 μM) and with AC reduced the internal concentration of ethylene in the fruit respect to control, and to a similar level as AVG did it, with internal ethylene concentration of 0.6, 0.6, 0.4, 1.7 and 0.4 ppm, respectively. Treatments with cobalt at 40 and 80 $\text{mg Co}^{++}\cdot\text{L}^{-1}$ delayed in three weeks the climacteric peak. AS and cobalt produced fruits with greener peel and lower level of soluble solids, indicating a less advanced maturation stage. Therefore, the preharvest treatments with AS, AC and cobalt offer to growers a tool to control the maturation of 'Golden Delicious' apple fruits.

Keywords: *Malus x domestica*, citric acid, salicylic acid, cobalt.

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

² Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Cuauhtémoc, Chihuahua. Av. Presa de la Amistad # 2015. Cuauhtémoc, Chih. C.P. 31510

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

Introducción

En el estado de Chihuahua se cosecha aproximadamente el 66 % de la producción nacional de manzana (*Malus x domestica* Borkh), con 371,818 t comercializadas en el ciclo 2009. Los principales cultivares son 'Golden Delicious' (42 %) y 'Red Delicious' (44 %), (SIAP, 2009). Generalmente, la cosecha de la fruta es llevada a cabo a partir de la segunda mitad de agosto y durante el mes de septiembre; sin embargo, la gran extensión de algunos huertos en la región hace difícil cosechar en el momento óptimo de maduración de los frutos, lo que suele ocasionar una notable desuniformidad en el estado de madurez. Frecuentemente es utilizado el regulador de crecimiento AVG (aminoetoxivinilglicina) para controlar la maduración y cosechar de manera oportuna.

Una limitante para que se generalice el uso de este producto es su alto costo económico, por lo que se requieren tratamientos alternativos de menor costo y de eficiencia similar al AVG. Por su facilidad de determinación en campo, los índices de madurez más utilizados por los productores para determinar el momento óptimo de cosecha son: color de la cáscara, firmeza de la pulpa, contenido de sólidos solubles y el índice de yodo/almidón de los frutos (Calderón, 1989).

La maduración de los frutos climatéricos, como es el caso de la manzana, está relacionada con el etileno (Pech *et al.*, 2003). La iniciación de los procesos de maduración en este tipo de frutos, puede ser retrasada mediante el uso de inhibidores de la síntesis del etileno como la AVG (Silverman *et al.*, 2004; Yuan y Carbaugh, 2007), el ácido salicílico, AS (Srivastava y Dwivedi, 2000; Zhang *et al.*, 2003), el ión Co^{++} (Serek y Reid, 2000) y el ácido cítrico, AC (Ducamp-Collin *et al.*, 2008). Leslie y Romani (1988) demostraron que la aplicación de AS a dosis de 25 a 250 μM en células de pera, inhibieron la síntesis de etileno al reducir la actividad de la enzima ACC-oxidasa, logrando un efecto similar con la aplicación de soluciones de 20 a 80 μM de Co^{++} . En discos de tejido de manzana tratados con AS (100 μM), otros autores han demostrado una reducción en la síntesis de etileno cuando el pH se encuentra entre 3.5 y 4.5 (Romani *et al.*, 1989). Por otra parte, se ha encontrado que una solución 2 mM de AS promueve la producción de ésteres

volátiles en manzanas, que son sus principales componentes aromáticos, que habían sido inhibidos por el tratamiento con el producto 1-metilciclopropeno (1-MCP), actuando el AS como un inductor de metabolitos secundarios de manera independiente de su efecto en la maduración del fruto (Li *et al.*, 2006). De la misma manera, se ha reportado una inhibición en la síntesis del etileno y una mayor retención de la firmeza en pulpa de kiwis tratados por inmersión en poscosecha en una solución 1mM de ácido acetilsalicílico (Zhang *et al.*, 2003). Srivastava y Dwivedi (2000), reportaron que la inmersión de frutos de plátano en soluciones de 500 y 1000 μM de AS, redujo la velocidad respiratoria y el ablandamiento de la pulpa al inhibir la actividad de las enzimas poligalacturonasa y celulasa, además de retardar el cambio a color amarillo de la cáscara y la acumulación de azúcares reductores en la pulpa. Por otra parte, se ha demostrado en tejido de manzana 'Golden Delicious', que el ión Co^{++} inhibe la actividad de la enzima ACC-sintetasa, la cual es la responsable de la síntesis del precursor del etileno, el ácido aminociclopropano carboxílico (Morin y Hartmann, 1986). También se ha encontrado que el ión Co^{++} inhibe la actividad de la enzima ACC-oxidasa, misma que regula la conversión de ácido aminociclopropano carboxílico a etileno, compitiendo con el hierro, que es un cofactor de esta enzima (Bouzayen *et al.*, 1991), con lo que se extiende la vida poscosecha de rosas y otras flores (Serek y Reid, 2000).

Bajo las condiciones de la región manzanera del estado de Chihuahua aún se desconoce la efectividad de los inhibidores de la síntesis de etileno, alternativos al AVG. Es por ello que el objetivo de la presente investigación fue comparar, con el AVG, la eficacia de los tratamientos con AS, Co⁺⁺ y AC para inhibir la síntesis de etileno y retrasar la maduración en manzanas 'Golden Delicious'.

Materiales y métodos

El trabajo experimental se llevó a cabo en un huerto comercial de la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México (28° 24' LN, 106° 52' LO, 2060 msnm) durante el ciclo 2008. Se seleccionaron árboles de 16 años de edad del cv. 'Golden Delicious' injertado sobre MM-111 con distancias de plantación de 3.25 m entre hileras y 2.75 m entre árboles con un diseño de plantación marco real. Se seleccionaron y marcaron cinco árboles distribuidos aleatoriamente para cada uno de los tratamientos, con árboles sin tratar entre ellos para evitar contaminación entre tratamientos.

Los tratamientos se aplicaron por aspersión, tanto en hojas como frutos, el 12 de agosto, aproximadamente cuatro semanas previas a la fecha de inicio de la cosecha. Los tratamientos asperjados fueron: AS (ácido salicílico, Sigma-Aldrich; dosis 1, 0.1 y 0.01 μM), sales de cobalto (producto comercial CoMo^{MR}, Stoller de México; dosis 40, 60 y 80 mg Co⁺⁺·L⁻¹), AC (ácido cítrico, Sigma-Aldrich; dosis 533 mg·L⁻¹), AVG (aminoetoxivinilglicina, producto comercial ReTain^{MR}, Valent de México; a dosis de 123 mg·L⁻¹) y agua como testigo. En las soluciones asperjadas no se utilizó ningún coadyuvante. Las aspersiones se hicieron de 9 a 11 a.m., a una temperatura entre 15 y 18 °C, utilizando una aspersora motorizada de mochila equipada con ráfaga de aire y con un gasto de 1500 litros de agua por hectárea.

Con el fin de monitorear la producción de etileno y ver la evolución de los índices de madurez, se realizaron 10 muestreos de los frutos, iniciando el día de la aplicación y a

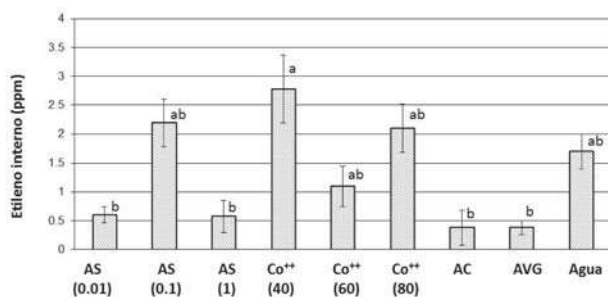
intervalos de siete días. Se recolectaron dos frutos de cada uno de los árboles de cada tratamiento en cada muestreo. Los frutos seleccionados se encontraban a una altura aproximada de dos metros, de la parte media a externa de la copa del árbol, y de un tamaño promedio. Las frutas se trasladaron al laboratorio para determinar los parámetros de madurez: peso del fruto mediante una balanza digital marca Ohaus, modelo Scout Pro, diámetros polar y ecuatorial con un calibrador de cinta Cranston, concentración de sólidos solubles totales (°Brix) usando un refractómetro manual marca Atago, firmeza de la pulpa, determinada en un texturómetro universal modelo TA-XT2i, (Texture Technologies Corp. Inglaterra), color de la cáscara, mediante los componentes del color en el sistema CieLab, con un colorímetro marca Minolta, modelo CR-300 (Minolta Ltd. Japón). Los valores a* y b* se transformaron a saturación de color (croma) y ángulo de matiz (°hue). El índice de almidón se determinó en una rodaja de cada fruta teñida con solución lugol (Bartram *et al.*, 1993). Se determinó la concentración interna de etileno en los frutos muestreados, tomando una muestra de 0.2 mL de aire a través del orificio del cáliz con una jeringa hipodérmica de 1 mL y aguja de 25 mm (Báez *et al.*, 1997; Silverman *et al.*, 2004), evitando la contaminación de la muestra con el aire del exterior de la fruta al tomar la muestra con la manzana sumergida en agua. La muestra se inyectó en un cromatógrafo de gases (VARIAN 3800, EUA) equipado con un detector de ionización de flama (FID) y columna empacada Haysep Q de 1.8 m de longitud, 2 mm de diámetro interno y 1/8" de diámetro externo, utilizando helio como gas de arrastre.

El diseño experimental fue bloques al azar, utilizando a cada árbol como unidad experimental, y con cinco repeticiones en cada tratamiento. Se realizó el análisis de varianza mediante el programa computacional SAS versión 9.0 (SAS, 2002). Las comparaciones de medias se hicieron mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran los valores promedio de las concentraciones internas de etileno en los frutos en los 10 muestreos evaluados para cada uno de los tratamientos. Los frutos con la menor producción de etileno fueron los tratados con las dosis alta y baja de AS, y los tratados con AC, con concentraciones internas de etileno de 0.6, 0.6 y 0.4 ppm, respectivamente. Estas concentraciones son similares a las encontradas en los frutos tratados con AVG, lo cual indica el potencial que poseen estos productos para ser utilizados como alternativas el AVG.

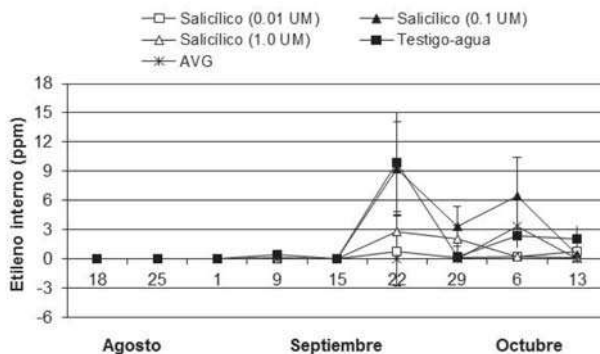
Figura 1. Producción interna, promedio de 10 muestreos semanales a partir del 12 de agosto, de etileno en manzanas 'Golden Delicious' con la aplicación de retardantes de la maduración.



Las líneas indican el error estándar. Las barras con letra diferente corresponden a medias estadísticamente diferentes de acuerdo a Duncan ($P \leq 0.05$). AS, ácido salicílico (μM); Co^{++} , Cobalto ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); AC, ácido cítrico ($533 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$); AVG, ácido aminoetoxivinilglicina.

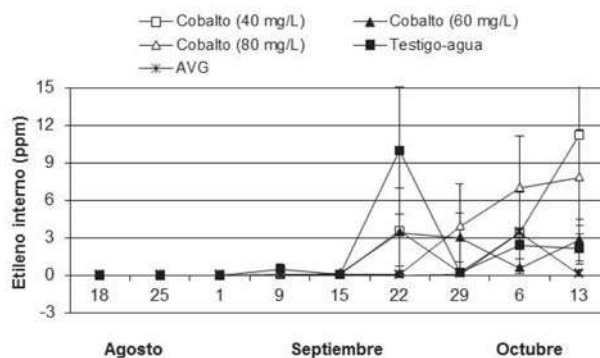
En prácticamente todos los frutos evaluados, el incremento en la producción de etileno inició el 22 de septiembre. En los tratados con AS (Figura 2), los picos más pequeños se observaron con las dosis de 0.01 y 1.0 μM , con concentraciones de etileno de 0.8 y 2.8 ppm, respectivamente, ligeramente superiores al AVG, cuyo pico climatérico se presentó hasta el 6 de octubre, con una producción de 3.3 ppm de etileno.

Figura 2. Producción interna de etileno en manzanas 'Golden Delicious' tratadas con tres dosis de ácido salicílico y AVG. Las líneas verticales indican el error estándar.



Los frutos tratados con 40 y 80 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de Co^{++} , aunque no presentaron una disminución de la producción de etileno en el máximo climatérico, mostraron un retraso de tres semanas del pico climatérico, con respecto al testigo-agua (Figura 3). Sin embargo, la dosis de 60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de Co^{++} , mostró la concentración máxima de etileno en similar magnitud que el tratamiento con AVG, pero dos semanas antes. Los resultados indican una reducción o un retraso en la síntesis de etileno, lo cual coincide con Morin y Hartmann (1986), quienes establecen un efecto similar en manzanas 'Golden Delicious' mediante la aplicación de Co^{++} .

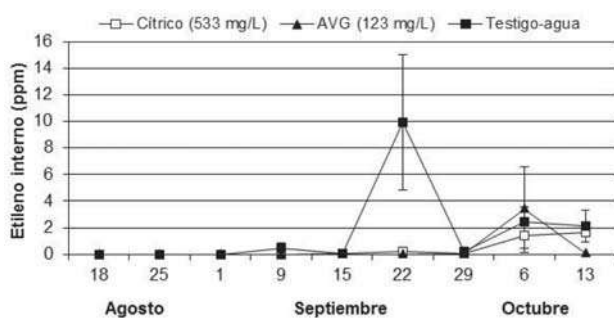
Figura 3. Producción interna de etileno en manzanas 'Golden Delicious' tratadas con tres dosis de Co^{++} y AVG. Las líneas verticales indican el error estándar.



Los tratamientos con 40 y 60 mg·L⁻¹ de Co⁺⁺, al igual que el tratamiento con AVG, mantuvieron a los frutos en un estado de maduración menos avanzado con relación al testigo-agua en cuanto al contenido de sólidos solubles y el color de la cáscara (Cuadro 1).

Los frutos tratados con AC mostraron concentraciones internas de etileno similares a las observadas en los frutos tratados con AVG (Figura 4) e inferiores a los frutos testigo-agua, sin embargo, esta reducción en el nivel de etileno no se reflejó en el resto de los índices de maduración evaluados (Cuadro 1); probablemente debido a que, al ser utilizado el ácido cítrico como sustrato en el ciclo de Krebs, puede estimular la respiración en el tejido del fruto y por lo tanto los procesos de maduración (Urlich, 1970).

Figura 4. Producción interna de etileno en manzanas 'Golden Delicious' tratadas con ácido cítrico y AVG. Las líneas verticales indican el error estándar.



Aun cuando las dosis de AS evaluadas fueron bajas, en comparación con otros trabajos (Leslie y Romani, 1988), redujeron la síntesis de etileno. Los frutos tratados con AS mostraron una concentración de sólidos solubles significativamente más baja que el testigo-agua, y similar a los tratados con AVG (Cuadro 1), lo que indica un retraso en la maduración inducida tanto por el AS como por el AVG. Los frutos tratados con la dosis menor de AS mostraron el valor mayor en el matiz °hue, lo que indica un contenido mayor de clorofila en la epidermis, y por lo tanto un estado más inmaduro, en comparación con el testigo-agua (Cuadro 1). Sin embargo, en los parámetros de firmeza e índice

de almidón no se observó efecto de los tratamientos con AS; contrario a lo observado por Srivastava y Dwivedi (2000), quienes mostraron una firmeza mayor en frutos tratados con AS pero con concentraciones superiores a las evaluadas en el presente trabajo; resultados que indican que tanto la pérdida de firmeza como la degradación del almidón en el fruto de manzano no están relacionados con la producción de etileno.

Cuadro 1. Valores promedio con el error estándar de los índices de madurez en manzanas 'Golden Delicious' tratadas con retardantes de la maduración.

Tratamiento	Firmeza (N)	Sólidos solubles totales (° Brix)	Índice de almidón (1-6)	Ángulo hue (°h)
Testigo-agua	59.5±0.46ns ^y	13.7±0.12 a ^z	3.9±0.05ef	112.0±0.23 d
Ácido Salicílico (0.01µM)	59.4±0.39	11.7±0.12 g	4.8±0.02 a	114.6±0.13 a
Ácido Salicílico (0.1µM)	59.6±0.54	12.7±0.12 cd	4.2±0.06bcd	112.6±0.22cd
Ácido Salicílico (1.0µM)	60.2±0.60	12.3±0.14ef	4.3±0.06bc	112.8±0.17bc
Cobalto (40 mg·L ⁻¹)	58.4±0.39	12.0±0.10fg	4.4±0.05 b	113.4±0.19 b
Cobalto (60 mg·L ⁻¹)	58.4±0.46	13.0±0.10c	4.1±0.06cde	113.4±0.20 b
Cobalto (80 mg·L ⁻¹)	58.9±0.56	13.7±0.11 ab	3.8±0.06 f	112.8±0.18bc
Ácido Cítrico (533 mg·L ⁻¹)	59.7±0.42	13.4±0.12b	4.0±0.05 e	112.5±0.17cd
AVG (123 mg·L ⁻¹)	59.9±0.36	12.4±0.12 de	4.0±0.08 e	114.5±0.16 a

^z Medias con letra diferente en la columna son estadísticamente diferentes Duncan (P≤0.05).

^y n. s. = no significativo estadísticamente.


Conclusiones

Las aspersiones tanto de ácido salicílico (0.01 y 1.0 µM) como de cobalto (40 y 80 mg·L⁻¹) mostraron un retraso de los procesos de maduración: como concentración interna de etileno, contenido de sólidos solubles y color de la cáscara; efectos similares a los producidos por el AVG.

Agradecimientos

A la Fundación PRODUCE Chihuahua y la Unión Agrícola de Fruticultores del Estado de Chihuahua, UNIFRUT, por el apoyo financiero para este trabajo. Se agradece también la cortesía del Grupo "La Norteña" por facilitar sus huertos para la realización de los trabajos de campo.

Literatura Citada

- BÁEZ, M.A., J.H. Siller, J.B. Heredia, T. Portillo, E. Araiza, R.S. García y M.D. Muy. 1997. Fisiología de poscosecha de frutos de chicozapote (*Achrassapota* L.) durante condiciones de mercadeo. *Interamerican Society for Tropical Horticulture* 41: 209-214.
- BARTRAM, R.B., W. Bramlage, E.M. Kupferman, K.L. Olsen, M.E. Patterson y J. Thomposon. 1993. Apple Maturity Program Handbook. U.S.D.A.-ARS Tree Fruit Research Station, Wenatchee, Wa. 57 pp.
- BOUZAYEN, M., G. Felix, A. Latché, J.C. Pech y T. Boller. 1991. Iron: An essential cofactor for the conversion of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid to ethylene. *Planta* 184:244-247.
- CALDERÓN, A.E. 1989. Fruticultura General. Editorial LIMUSA S.A. de C.V. México D.F. 763 p.
- DUCAMP-COLLIN, M.N., H. Ramarson, M. Lebrun, G. Self y M. Reynes. 2008. Effect of citric acid and chitosan on maintaining red colouration of litchi fruit pericarp. *Postharvest Biology and Technology* 49:241-246.
- LESLIE, Ch.A. y R. J. Romani. 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. *Plant Physiology* 88:833-837.
- LI, D.P., Y.F. Xu, L. P. Sun, L.X. Liu, X.L. Hu, D.Q. Li y H.R. Shu. 2006. Salicylic acid, ethephon, and methyl jasmonate enhance ester regeneration in 1-MCP-treated apple fruit after long-term cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:3887-3895.
- MORIN, F. y C. Hartmann. 1986. Changes in free and conjugated 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and in 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase activity in the senescent Golden Delicious apple. *Journal of Plant Physiology* 125:173-178.
- PECH, J.C., M. Bouzayen, A. Latché, M. Sanmartin, A. Aggelis y A.K. Kanellis. 2003. Physiological, biochemical, and molecular aspects of ethylene biosynthesis and action; *In: J ABartz, J K Brecht* (eds.). *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Marcel Dekker Inc. New York. USA. p: 247-285.
- ROMANI, R.J., B.M. Hess y Ch.A. Leslie. 1989. Salicylic acid inhibition of ethylene production by apple discs and other plant tissues. *Journal of Plant Growth Regulation* 8:63-69.
- SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System. 2002. SAS/STAT^{MR} User's guide. Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary, NC 1028p.
- SEREK, M. y M.S. Reid. 2000. Role of growth regulators in the postharvest life of ornamentals; *In: A.S. Basra* (ed.). *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture*. Haworth Press Inc. New York, USA. p 147-174.
- SILVERMAN, F.P., P.D. Petracek, M.R. Noll y P. Warrior. 2004. Aminoethoxyvinylglycine effects on late season apple fruit maturation. *Plant Growth Regulation* 43:153-161.
- SRIVASTAVA, M.K. y U.N. Dwivedi. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *PlantScience* 158:87-96.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2009, última consulta Diciembre 2010. www.siap.gob.mx
- URLICH, R. 1970. Organic acids. *In: A.C. Hulme* (ed.). *The biochemistry of fruits and their products*. Vol. 1. Academic press London and New York. p. 89-118.
- YUAN, R. y D.H. Carbaugh. 2007. Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' apples. *HortScience* 42:101-105.
- ZHANG, Y., K. Chen, S. Zhang y I. Ferguson. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 28:67-74. 

Este artículo es citado así:

Berlanga-Reyes, D. I., V. M. Guerrero-Prieto y J. J. Ornelas-Paz. 2011: *Productos alternativos a la aminoetoxivinilglicina para el control de la producción de etileno en manzana 'Golden Delicious'*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(2): 83-89.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

DAVID IGNACIO BERLANGA REYES. Terminó su licenciatura en 1992 en la Facultad de fruticultura, hoy Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó un posgrado en el Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias especialista en fruticultura en el año de 1996. De 1996 a 2003 se desempeñó como asesor de producción en huertos comerciales de manzana. Del 2003 a la fecha labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. con el puesto de Técnico Titular "A". Es catedrático en la Facultad de Ciencia Agrotecnológicas. Es especialista en Fisiología y Nutrición Vegetal y Fisiología Poscosecha. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura. Es autor de 5 artículos científicos. Ha participado en 12 Congresos Nacionales e Internacionales. Ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

JOSÉ DE JESÚS ORNELAS PAZ. Terminó su licenciatura en el 2000, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Morelia. Realizó su posgrado en la Universidad Autónoma de Querétaro, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de manejo poscosecha de frutas en 2002 y el grado de Doctor en Ciencias en el área de Química de Alimentos en 2007 por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., en colaboración con la Universidad Autónoma de Querétaro. Desde 2007 labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (Unidad Cuauhtémoc) y posee la categoría de Investigador titular A. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2009 (Nivel 1 de 2009 a 2015). Su área de especialización es el la bioquímica y tecnología de frutas y hortalizas. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura, 4 de maestría y 1 de doctorado. Es autor de 22 artículos científicos, más de 30 ponencias en congresos y 6 capítulos de libros científicos; además ha impartido 4 conferencias por invitación y ha dirigido 3 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, y es árbitro de 9 revistas científicas de circulación internacional.

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

Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario

Factor influencing the academic performance of college student

DAVID GÓMEZ SÁNCHEZ^{1,2}, ROSALBA OVIEDO MARIN¹
Y EUGENIA INÉS MARTÍNEZ LÓPEZ¹

Recibido: Abril 4, 2011

Aceptado: Junio 26, 2011

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el rendimiento académico percibido de los estudiantes universitarios y conocer si existe relación con las variables sexo, carrera y semestre, así como la relación con el promedio y la satisfacción con su carrera. El instrumento constó de 26 ítems, 11 de tipo sociodemográfico, ocho para medir la satisfacción del universitario con su carrera y siete para medir el rendimiento percibido; todas estas medidas en una escala ordinal de seis puntos. Se utilizaron las pruebas bivariadas r de Pearson, ρ de Spearman, t para muestras independientes y el Análisis de la Varianza para un solo factor. Se encontró relación entre la variable rendimiento con el semestre ($\rho = -0.190$, sig. = 0.009), también existe evidencia de la asociación con la variable sexo ($t = -2.751$, sig. = 0.007), así como correlación directa y moderada con la satisfacción con la carrera ($r = 0.444$, sig. = 0.000) y asociación con la variable promedio ($r = 0.525$, sig. = 0.000). Se concluye que las variables sexo y semestre explican la variable rendimiento académico percibido por el alumno, al igual que lo hacen las variables promedio numérico obtenido y satisfacción del mismo con su carrera elegida.

Palabras clave: rendimiento académico, satisfacción del estudiante, evaluación del aprendizaje, desempeño.

Abstract

The objective of this research was to determine the perceived academic achievement by university students to see if there is a relationship among the variables of sex, career and semester and the relationship to the grade point average and the satisfaction they feel with their career. The instrument used consisted of 26 items, 11 socio-demographic, 8 to measure the satisfaction with their university career and 7 to measure the perceived academic achievement, all these variables measured on an ordinal scale of 6 points. Bivariate tests were used such as Pearson's r , Spearman ρ , t for independent samples and analysis of variance for a single factor. It was found that a relationship between the variable academic achievement with the semester ($\rho = -0.190$, sig. = 0.009), there was also evidence of association with the sex variable ($t = 2.751$, sig. = 0.007) and moderate direct correlation with career satisfaction ($r = 0.444$, sig. = 0.000) and an association with the variable of the grade point average ($r = 0.525$, sig. = 0.000). Thus it is concluded that sex and socio-demographic variables explain the variable academic achievement perceived by the student, as well as the grade point average variables obtained and the students' satisfaction with their chosen career.

Keywords: academic performance, student satisfaction, learning assessment, academic achievement

Introducción

Las universidades en México, dentro de sus compromisos de generar egresados preparados para su entorno, hacen esfuerzos, entre otros, por establecer cuáles son los factores que determinan el rendimiento del estudiante. La Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a través de la Secretaría Académica (Nieto, 2007), el Instituto de Ciencias Educativas y las comisiones curriculares (UASLP, 2007) de cada licenciatura, han emprendido acciones para que los programas

¹ Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Carretera Rioverde-San Ciró Km 4, Colonia Puente del Carmen, Rioverde, S.L.P., México. Tel. 01 (487) 872-5099 y 872-3066.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: david.gomez@uaslp.mx.

de licenciatura se manejen por competencias, con el fin de que los estudiantes, al egresar, reflejen en los desempeños profesionales el rendimiento del mismo para que puedan responder a un entorno laboral cambiante y una sociedad exigente.

Los estudiantes aprenden de diversas formas, por lo que es importante identificarlas con la finalidad de que los profesores puedan establecer estrategias que faciliten el proceso de aprendizaje, y los primeros adquieran los conocimientos, mejorando su rendimiento.

El presente trabajo tiene como finalidad esclarecer si los factores que determinan el rendimiento académico de los estudiantes universitarios es el grado de satisfacción, o diversas variables como lo son: el sexo, el semestre el que se encuentra cursando y el programa académico en el que están inscritos.

Se dice que el rendimiento académico no es el producto de una única capacidad, sino el resultado sintético de una serie de factores que actúan en, y desde, la persona que aprende. Puede afirmarse, en términos educativos, que el rendimiento académico es un resultado del aprendizaje suscitado por la actividad educativa del profesor y producido en el alumno, aunque es claro que no todo aprendizaje es producto de la acción docente. Se le expresa en una calificación cuantitativa y cualitativa, una nota que si es consistente y válida será el reflejo de un determinado aprendizaje y del logro de unos objetivos preestablecidos (Pita y Corengia, 2005).

El rendimiento académico, por ser multicausal, envuelve una capacidad explicativa de los distintos factores y espacios temporales que intervienen en el proceso de aprendizaje. Existen diferentes aspectos que se asocian al rendimiento académico, entre los que intervienen componentes tanto internos como externos al individuo. Pueden ser de orden social, cognitivo y emocional, que se clasifican en tres categorías: determinantes personales, determinantes sociales y determinantes institucionales, que presentan subcategorías o indicadores (Garbanzo, 2007).

De acuerdo a otros estudios sustentados en los factores asociados al rendimiento académico, se establece que todos los alumnos llegarán a la escuela con motivación para aprender, pero no es así e incluso si tal fuera el caso, algunos alumnos aún podrían encontrar aburrida o irrelevante la actividad escolar. Así mismo, el docente en primera instancia debe considerar cómo lograr que los estudiantes participen de manera activa en el trabajo de la clase, es decir, que generen un estado de motivación para aprender. Por otra parte, pensar en cómo desarrollar en los alumnos la cualidad de estar motivados para aprender, de modo que sean capaces de educarse a lo largo de su vida (Navarro, 2004), y finalmente, que los alumnos participen cognoscitivamente, en otras palabras, que piensen a fondo acerca de qué quieren estudiar (Navarro, 2004)

Todo proceso educativo busca mejorar el rendimiento del estudiante, de ahí su importancia y la necesidad de considerar los factores que intervienen en él. Estos factores, también llamados determinantes del rendimiento académico, son difíciles de identificar, sin embargo, requieren acotarse para establecer la influencia e importancia que cada uno tiene en el proceso educativo (Tejedor, 2003).

El rendimiento académico es un término multidimensional determinado por los diversos objetivos y logros pretendidos por la acción educativa. Desde la perspectiva operativa del término, se define como la "nota o calificación media obtenida durante el periodo universitario que cada alumno haya cursado" (Tejedor, 1998). Las variables y los indicadores que inciden en él se clasifican de diversas maneras, a saber: variables demográficas o de identificación (sexo, edad, estado civil, experiencia laboral), variables académicas (tipos de estudios cursados, curso, opción en que se estudia una carrera, rendimiento previo), variables sociofamiliares (estudios de los padres, situación laboral de los mismos, lugar de residencia familiar, lugar de estudio).

Existen publicaciones que abordan el tema del rendimiento académico en estudiantes universitarios, buscando identificar los factores que influyen en tal suceso, algunos de estos se muestran en seguida.

En cuanto la variable demográfica sexo, en investigaciones con estudiantes mexicanos universitarios se encontró que el rendimiento académico es superior en las mujeres en comparación con los hombres (Vargas, 2001, citado en Artunduaga, 2008), que adoptan comportamientos más adecuados a las normas universitarias, que trabajan más que los hombres y se preparan para los exámenes todo el tiempo (Bodson, 2000 citado en Artunduaga, 2008). Siendo esas diferencias atribuibles a la socialización de género.

La satisfacción con los estudios se considera un complemento a la variable rendimiento que une elementos no medibles directamente, pero que expresa el grado de conformidad (Tejedor, 2003) y el sentido de gusto por la carrera elegida (Arias y Flores, 2005).

Por otro lado, el rendimiento también ha sido medido mediante variables socioeducativas. Entre las variables más relevantes para explicar el rendimiento académico se encuentran el título secundario obtenido, la carrera elegida y el nivel educacional alcanzado por la madre (Porcel, Dapozo y López, 2010)

Se llevó a cabo esta investigación debido a la necesidad por conocer cuál es el rendimiento académico percibido por el estudiante y la relación que guarda con el grado de satisfacción con la carrera elegida y algunos factores sociodemográficos del alumno universitario de la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media. Se tomaron en consideración, por su importancia en relación a la situación académica del estudiante universitario, variables como: el sexo del alumno, el programa académico en el cual está inscrito, así como también el semestre que se encuentra cursando.

Objetivo.

Determinar el rendimiento percibido de los estudiantes de la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media (UAMZM) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y comprobar si existe relación con las variables sexo, carrera y semestre, además del promedio y la satisfacción con la carrera elegida.

Hipótesis.

H1: Existe relación entre el rendimiento percibido del estudiante y las variables sociodemográficas sexo, carrera y semestre donde se encuentra inscrito el alumno.

H2: Existe relación entre el rendimiento percibido del estudiante y las variables satisfacción con la carrera elegida y promedio alcanzado por el mismo.

Materiales y Métodos

Es un estudio de tipo transversal, cuantitativo, descriptivo y correlacional. Se utilizó el programa estadístico SPSS v17 para diseñar la base de datos, después se procedió al tratamiento y análisis de los mismos. Se determinó la confiabilidad del cuestionario utilizando el coeficiente de Alpha de Cronbach, logrando medir la consistencia del instrumento para el constructo rendimiento de 0.790 y en el constructo satisfacción con la carrera 0.681, valores que indican muy buena confiabilidad.

Población.

En el entendido de que población es un conjunto de todos los elementos que comparten un grupo común de características, y forman el universo para el propósito del problema de investigación de mercados (Malhotra, 2008). La población en este caso se delimitó considerando a los estudiantes de la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media, de un total de 837 alumnos inscritos en los diferentes programas académicos de la UAMZM. Se establece el tamaño del error admisible en la estimación 5%, el nivel de confianza (95%) y la probabilidad verdadera de éxitos 50%. En función a estos aspectos se generó el tamaño de la muestra con

universo infinito tal como se muestra en la Ecuación 1 y 2 (Berenson y Levine, 1996). El tamaño calculado es de 238 individuos.

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{e^2} = \frac{1.96^2(0.5)(0.5)}{0.05^2} = 384 \text{ para población infinita (1)}$$

$$n_0 = \frac{nxN}{N+n-1} = \frac{384 \times 837}{384 \times 837 - 1} = 238 \text{ para población finita (2)}$$

Muestra.

Se realizó un muestreo aleatorio estratificado (MAE) siendo los estratos definidos por las carreras que se imparten en la UAMZM como se muestra en el Cuadro 1. El 39.81% de los alumnos que componen la muestra son hombres y 60.19% son mujeres el promedio de edad es de 20.09 años con una desviación estándar de 2.6 años. El 32.9% son de segundo semestre, el 36.6% son de cuarto, el 24.5% de sexto y el 6.0% de octavo semestre. Sólo el 22.9% están trabajando y estudiando, mientras que el resto sólo estudian, el 93.5% son solteros. Los aplicadores fueron alumnos de la misma institución inscritos en la materia de Investigación Cuantitativa de Mercados en carácter de colaboradores de los trabajos de investigación, y las encuestas se aplicaron entre el 8 y el 29 de marzo de 2010.

Cuadro 1. Estratificación de la población.

Carreras	Alumnos		
	Población	Porcentaje	Encuestados
Licenciado en Administración	228	27.24 %	65
Contador Público	163	19.47%	46
Licenciatura en Enfermería	161	19.24%	46
Licenciatura en Mercadotecnia	138	16.49%	39
Ingeniero Civil	147	17.56%	42
Totales	837	100%	238

Las estadísticas obtenidas en el Muestreo Probabilístico, en este caso Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE), nos permite inferir los parámetros de la población (Hair, Bush y Ornatiu, 2004) y generalizar los resultados para la misma.

Instrumento.

El instrumento fue elaborado por profesores-investigadores de la institución a partir de investigaciones exploratorias, y consta de 26 ítems, 11 sociodemográficos de tipo nominal, ocho para medir la satisfacción de los estudiantes con su carrera elegida y siete para medir el rendimiento percibido; todas estas medidas en una escala ordinal de seis puntos.

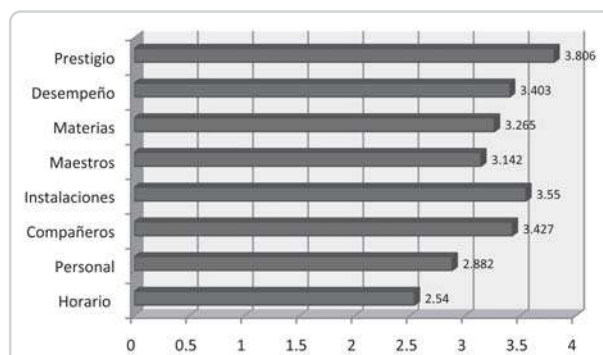
Análisis de datos.

Las gráficas se realizaron en el programa Excel 2007 a partir de los resultados que arrojó el programa SPSS. Se utilizaron los coeficientes de correlación de Pearson que, igualmente, determina la correlación entre dos variables numéricas, de Spearman que igualmente determina la correlación entre dos variables cuando al menos una es ordinal (Kerlinger y Lee, 2008), t para muestras independientes y ANOVA de un sólo factor. Se tomó en cuenta que estas pruebas sirven para comparar dos o más medias respectivamente (Malhotra, 2008) y se consideró que las correlaciones son muy fuertes al ser mayores de 0.8, como fuertes entre 0.6 y 0.8, moderadas entre 0.4 y 0.6, débiles entre 0.2 y 0.4 y menores de 0.2 como muy débiles (Salkind, 1998).

Análisis Descriptivo.

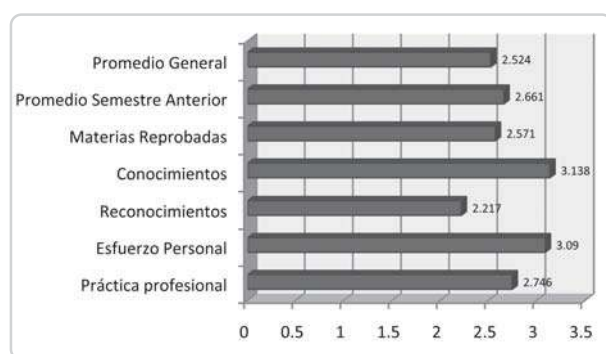
La Figura 1 muestra las ocho variables que generan el constructo "satisfacción con la carrera", siendo las puntuaciones más altas el Prestigio de la Institución, con 3.806 y las instalaciones de la misma, con 3.55; los horarios en que cursan las materias obtuvieron la menor puntuación, con 2.54.

Figura 1. Puntuación de las variables que forman el constructo satisfacción con la carrera.



Como se observa en la Figura 2, que muestra las variables del constructo rendimiento percibido, los conocimientos adquiridos, con 3.138, y el esfuerzo personal, con 3.09, resultaron ser las variables con mejor puntuación, mientras que la variable reconocimientos obtenidos, con 2.217, la más baja.

Figura 2. Puntuación de las variables que forman el constructo rendimiento percibido.



Cuadro 2. Resumen de estadísticos.

Variable	Medidas descriptivas			
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Rendimiento percibido	0.43	4.57	2.7067	0.74168
Satisfacción	1.00	4.50	3.2518	0.56081
Promedio	3.00	9.60	7.7346	0.83402

Como se observa en el Cuadro 2, el rendimiento percibido tiene una puntuación media de 2.7067, con una desviación de 0.74168, lo que indica un rendimiento entre regular y bueno; por su parte, la satisfacción con la carrera tiene una puntuación media de 3.2518 y una desviación de 0.56081, siendo una satisfacción de moderada a muy buena; por último, el promedio de calificación es de 7.73 puntos con una desviación de 0.83.

Análisis correlacional.

H1: Existe relación entre el rendimiento percibido del estudiante y las variables

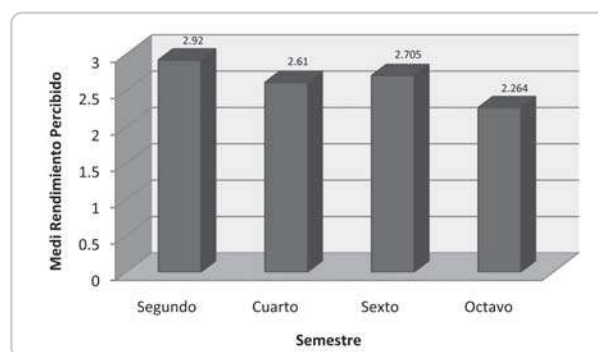
sociodemográficas sexo, carrera y semestre donde se encuentra inscrito el alumno.

Cuadro 3. Correlaciones entre rendimiento y variables sociodemográficas.

Variable	Técnica	Rendimiento percibido	
		Valor	Significancia
Sexo	Prueba t	t = -2.751	0.007
Carrera	ANOVA	F = 0.821	0.513
Semestre	rho Spearman	rho = -0.190	0.009

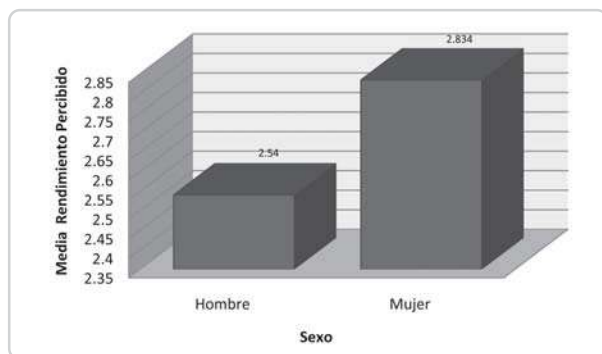
Como se observa en el Cuadro 3, existe correlación inversa y débil entre el semestre y el rendimiento percibido ($\rho = -0.190$, $sig. = 0.009$). También existe evidencia de la asociación entre el sexo y el rendimiento percibido ($t = -2.751$, $sig. = 0.007$); sin embargo, la variable carrera no explica el rendimiento percibido del estudiante ($F = 0.821$, $sig. = 0.513$).

Figura 3. Puntuación del rendimiento percibido por semestre.



Como se observa en la Figura 3, que muestra el rendimiento percibido por semestre, el rendimiento mayor está ubicado en el segundo semestre, con 2.92 puntos, mientras que el octavo semestre es el de menor rendimiento percibido, con 2.264, lo que genera una relación inversa.

Figura 4. Puntuación del rendimiento percibido por sexo.



En lo que se refiere la Figura 4, donde se muestra el rendimiento percibido en función a la variable sexo, se observa que el mayor rendimiento percibido está en las mujeres, con 2.834 puntos y los hombres con 2.54 puntos, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa en esta variable.

H2: Existe relación entre el rendimiento percibido del estudiante y las variables satisfacción con la carrera elegida y promedio del estudiante.

Cuadro 4. Correlaciones entre satisfacción y promedio con rendimiento.

Variable	Técnica	Rendimiento percibido	
		Valor	Significancia
Satisfacción con la carrera	Pearson	$r = 0.444$	0.000
Promedio	Pearson	$r = 0.525$	0.000

Como se observa en el Cuadro 4, existe correlación directa y moderada entre la satisfacción con la carrera elegida y el rendimiento académico percibido ($r = 0.444$, sig. = 0.000); por su parte, también existe una correlación moderada como evidencia de la asociación entre la variable promedio y el rendimiento académico percibido ($r = 0.525$, sig. = 0.000).

Discusión

En esta investigación, el rendimiento académico fue evaluado mediante la valoración de varios ítems, concordando con Pita y Corengia (2005) y Vargas (2007) quienes sostienen que el tema abordado es el resultado de un conjunto de factores, más que una variable aislada.

Los resultados arrojados coinciden con los obtenidos por Vargas (2001) (citado por Artunduaga, 2008) en cuanto a que es el sexo femenino presenta un rendimiento académico percibido superior al sexo masculino. De igual manera se ha señalado que las mujeres se encuentran más satisfechas al estudiar una carrera universitaria y obtienen mejores notas (Arias y Flores, 2005) concordando con este análisis.

Tejedor (2003) considera la satisfacción con los estudios como un complemento a la variable rendimiento, en este estudio encontramos correlación entre estas dos variables, por lo que inferimos dicho complemento.

De manera parcial se coincide con Porcel, Dapozo y López (2010) al constatar que el rendimiento percibido por el estudiante se explica por medio de la elección de carrera por el estudiante universitario, sin embargo, las variables título secundario obtenido y nivel educacional alcanzado por la madre no fueron consideradas en esta investigación.

Conclusiones

En el estudio se encontró que las variables sociodemográficas sexo y semestre explican la variable rendimiento académico percibido por el estudiante, existen otras dos variables que lo explican también, el promedio numérico obtenido por el estudiante y la satisfacción del mismo con la carrera elegida.

Se recomienda trabajar con los estudiantes, principalmente del sexo masculino y con los de semestres más avanzados, en actividades que permitan aumentar el rendimiento académico.


Por otro lado, es aconsejable implementar estrategias que generen en el estudiante satisfacción con la carrera elegida, lo que impactaría favorablemente en el rendimiento, sin descuidar, por supuesto, las variables donde muestra baja satisfacción, ejemplo: sus horarios y la actividad docente.

Se propone un estudio de intervención, donde se trabaje con las mismas variables con la finalidad de mejorar el rendimiento académico del estudiante.

Agradecimientos

Agradecemos a los programas PROMEP y PIFI por el apoyo recibido.

Literatura citada

- ARIAS, F. y A. Flores. 2005. La satisfacción de los estudiantes con su carrera y su relación con el promedio y el sexo. El caso de la carrera de contaduría de la Universidad Veracruzana en Nogales, Veracruz. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*. Año 2005. No. 29:9-14. En línea. Disponible en: http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/hitos/ediciones/29/fernandoarias_galicia.pdf
- ARTUNDUAGA, M. 2008. Variables que influyen en el rendimiento académico en la universidad. En línea. Disponible en <http://www.slideshare.net/1234509876/variables-del-rendimiento-academico-universidad>
- BERENSON, M. y D. Levine. 1996. Estadística Básica en Administración, conceptos y aplicaciones. Sexta edición. PEARSON/Prentice Hall. México.
- GARBANZO, G. M. 2007. Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Revista Educación*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. No. 31 (1): 43-63. En línea. Disponible en: <http://www.latindex.ucr.ac.cr/edu31-1/edu-31-1-02.pdf>.
- HAIR, J., R. Bush y D. Ornatu. 2004. Investigación de Mercados. 2a. ed. México. Mc Graw Hill.
- KERLINGER, F. y H. Lee. 2008. Investigación del Comportamiento Métodos de Investigación en Ciencias Sociales. 4a. ed. México. Mc Graw Hill.
- MALHOTRA, N. 2008. Investigación de Mercados. 5a. ed. México. Pearson/Prentice Hall.
- NAVARRO, R. E. 2004. El concepto de Enseñanza Aprendizaje. *Revista Ciencia, Tecnología y Pensamiento*. Red científica. En línea. Disponible en: <http://www.redcientifica.com/doc/doc200402170600.html>
- NIETO, L. 2007. Diseño curricular y competencia profesional. En línea. Disponible en: [http://ambiental.uaslp.mx/docs/LMNC&MDV-Pcompetencia\(s\)yCurriculumV2F.pdf](http://ambiental.uaslp.mx/docs/LMNC&MDV-Pcompetencia(s)yCurriculumV2F.pdf)
- PITA M. y A. Corengia. 2005. Rendimiento Académico en la Universidad. V Coloquio internacional sobre gestión universitaria en América del Sur. Universidad de Mar del Plata. En línea. Disponible en: <http://web.austral.edu.ar/descargas/institucional/08.pdf>
- PORCEL, E., G. Dapozo y M. López. 2005. Predicción del rendimiento académico de alumnos de primer año de la FACENA (UNNE) en función de su caracterización socioeducativa. *Scielo* 2010; 12:2. En línea. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S160740412010000200007&script=sci_arttext
- SALKIND, N. J. 1998. Métodos de Investigación. México. Prentice Hall,
- TEJEDOR, F. 1998. Los alumnos de la Universidad de Salamanca: características y rendimiento académico. Ediciones Universidad de Salamanca. En línea. Disponible en: <http://books.google.com.mx/books?id=qY5bc5CT88C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- TEJEDOR, F. 2003. Poder explicativo de algunos determinantes del rendimiento en los estudios universitarios. *Revista Española de Pedagogía*. Año 2003. No. 224. Enero-abril. 5-32. En línea. Disponible en: <http://www.revistadepedagogia.org/N%C2%BA-224-enero-abril-2003/Poder-explicativo-de-algunos-determinantes-del-rendimiento-en-los-estudios-universitarios.html>
- UASLP. 2007. Guía para propuestas curriculares. En línea. Disponible en: http://www.uaslp.mx/Spanish/Administracion/academica/DIE/innovacion_curricular/Paginas/default.aspx. 

Este artículo es citado así:

Gómez-Sánchez D., R. Oviedo-Marin y E. I. Martínez-López. 2011: *Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario*. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 5(2): 90-97.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

DAVID GÓMEZ SÁNCHEZ. Es originario de Ciudad Fernández, S.L.P. y egresado de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, de la UASLP, estudió la Maestría en Administración en la misma Universidad. Actualmente es Secretario Escolar y Profesor Investigador de Tiempo Completo adscrito a la Licenciatura en Mercadotecnia en la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) obtuvo el Reconocimiento de profesor con perfil deseable PROMEP periodo 2010-2013 y la certificación ANFECA periodo 2011-2014. Cuenta con 15 publicaciones en revistas arbitradas e indexadas, es autor de más 30 ponencias en congresos internacional o nacionales; además ha asesorado tesis a nivel licenciatura y maestría.

ROSALBA OVIEDO MARIN. Es estudiante de la Licenciatura en Mercadotecnia en la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). En el año 2010 participó y obtuvo el primer lugar en el Maratón Regional de Mercadotecnia organizado por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contabilidad y Administración (ANFECA) región 3. En el mismo año colaboró como investigadora en el estudio "Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario" (en revisión). Participó como estudiante visitante en la modalidad local en el Verano de la Ciencia 2010 en la UASLP, así mismo presentó una ponencia en el V Coloquio Nacional de Investigación en Ciencias Económico-Administrativas en la misma universidad. Actualmente forma parte de la empresa Invemarketing.

EUGENIA INÉS MARTÍNEZ LÓPEZ. Nació en Rioverde, S.L.P. México, es egresada de la carrera de Licenciado en Administración de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, estudió la Maestría en Administración en la misma Universidad y la Maestría en Tecnología Educativa en la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Actualmente es Profesor Investigador de Tiempo Completo y coordinadora de la Licenciatura en Mercadotecnia en la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media de la UASLP, cuenta con el reconocimiento de profesor con perfil deseable PROMEP periodo 2010-2013. Cuenta con 5 publicaciones en revistas arbitradas o indexadas, es autora de más de 20 ponencias en congresos internacionales o nacionales además ha asesorado tesis a nivel licenciatura y maestría.

Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico

Effect of different concentrations of potassium and nitrogen in the productiveness of tomato in hydroponic farming

PAULA PATRICIA LÓPEZ ACOSTA¹, AÍDA CANO MONTES¹, G. SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA^{1,4},
NARCISO TORRES FLORES¹, S. MARGARITA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ² Y RICARDO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ³

Resumen

El cultivo hidropónico tiene diversas ventajas, dentro de las cuales se pueden señalar la reducción del gasto de agua, la obtención de las cosechas con anticipación y una mayor productividad por área sembrada. Esta investigación, que incluyó desde la siembra del tomate, se llevó a cabo en un periodo de siete meses, de marzo a septiembre del año 2007, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. El objetivo fue determinar el efecto en la producción de tomate de diferentes concentraciones de Potasio y Nitrógeno en las soluciones nutritivas. En este experimento se utilizaron 108 plantas de tomate variedad Gabriela, las cuales se distribuyeron en tres lotes de 12 plantas, con tres repeticiones acomodadas al azar, regadas con soluciones nutritivas en las cuales solo se varió la concentración de Potasio y Nitrógeno. Se obtuvo un incremento en la productividad con la solución para fase de crecimiento de hasta un 10.67% cuando se empleó en todo el desarrollo del cultivo una relación N/K = 1, lo que también trae como consecuencia un decremento en el costo de operación.

Palabras clave: productividad, relación potasio nitrógeno, nutrientes, invernadero.

Abstract

The hydroponic harvest has many advantages. Some of these advantages include the reduction of water consumption, anticipated harvest, and a bigger production per seeding area. This research lasted seven months, from March to September 2007 in the green house at the Chemistry Science Faculty of the Autonomous University of Chihuahua. This research started at the seeding stage. The objective was to test if the Potassium-Nitrogen ratio in the nutritive solution influence over the production. In this experiment 108 plants of tomato Gabriela variety were used. These plants were distributed in three blocks of 12 plants with three repetitions arranged randomly. These plants were irrigated with different nutritive solutions on which only the Potassium- Nitrogen ratio changed. These modifications resulted in a 10.67 % increase in production when an N/K = 1 ratio were used. Also, this procedure decreased the operational cost.

Keywords: productivity, nitrogen-potassium ratios, nutrients, greenhouse.

Introducción

La escasa precipitación pluvial y temperaturas extremas son características del estado de Chihuahua, lo que propician la aplicación de nuevas tecnologías y sistemas de cultivo en donde el gasto de agua sea mínimo y la producción permanezca en el ámbito competitivo. La precipitación anual registrada en las zonas del norte-este, donde el clima es de semi seco a muy seco, es de 600 a menos de 200 mm, en cambio en la zona sur-oeste se presentan condiciones de mayor humedad, con climas de semi fríos, templados y semi cálidos, con rangos de precipitación que van de 600 a mayores de 1,000 mm. (INEGI, 2009).

¹ Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario. Campus Universitario II. Apdo. Postal 1542-C. Chihuahua, Chih., México 31125. Tel. (614) 236-6000.

² Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chihuahua No. 6.

³ University of Texas at El Paso.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: rodson2@hotmail.com

En lo que se refiere a tierras cultivables, la escasez de suelo apto para la agricultura limita en gran medida la producción agrícola, ya que solo el 7.98% es tierra apta para el cultivo, mientras que el 56.61% del territorio estatal no es apto para la agricultura. (INEGI, 2009).

Esta situación, junto con la demanda creciente de alimentos y el deterioro del medio ambiente, obliga a los productores a utilizar técnicas que permitan el uso de los recursos de manera más eficiente y sustentable. Utilizar sistemas de cultivo como la hidroponía bajo estas condiciones para la producción de hortalizas en invernadero es ideal, pues tiene un alto grado de eficiencia en el uso de agua, ya que se reducen las pérdidas por evaporación y se evita la percolación; además, es poco el terreno que debe recibir el riego, porque las raíces no necesitan crecer en exceso para buscar sus nutrientes, pues el método les permite llegar directamente a la raíz en las cantidades necesarias para el óptimo desarrollo de la planta, ya que ésta se encuentra en bolsas de plástico utilizadas como contenedor (Espinosa, 2004).

La función de los invernaderos es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son adversas, y si además se aplica agua y fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas; esto se traduce en incrementos significativos de producción, tanto en cantidad como en calidad (Espinosa, 2004).

El fruto fresco es rico en vitamina C; el poder calórico del tomate es modesto debido a su escaso contenido en materia seca y grasa. El tomate es fuente importante de sales minerales (Potasio y Magnesio, principalmente) de su contenido en vitaminas destacan B₁, B₂, B₅, A, C y E y carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color característico al tomate (Nuez, 2001).

La calidad del fruto del tomate se determina por su apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de desórdenes fisiológicos y descomposición), firmeza, textura y materia

seca, sus propiedades sensoriales (sabor) y nutracéuticas (beneficios para la salud). La calidad sensorial del tomate se atribuye principalmente a la concentración de compuestos volátiles responsables del aroma de ácidos y de azúcares; su calidad nutracéutica se define por su contenido de minerales, vitaminas, carotenos y flavonoides. (Papadopoulos, 2004)

El cultivo del tomate en invernadero ha crecido enormemente en los últimos 20 años, impulsado principalmente por la demanda de tomate fresco durante todo el año, además de que recientemente se han desarrollado mejores cultivos para invernadero, con mejor calidad de la fruta y con rendimientos de más del doble por planta, comparados con el producido al aire libre (Lesur, 2006).

La relación que guardan los diferentes nutrientes dentro de la solución nutritiva, incide en la productividad de los cultivos debido a que interaccionan tanto aniones como cationes, puesto que la absorción de nutrientes efectuada por las raíces de las plantas es selectiva, y depende de factores climáticos, así como de la fase de crecimiento en que el cultivo se encuentre, además de las concentraciones disponibles de los nutrientes (Papadopoulos, 2004).

El establecimiento de relaciones N/K adecuadas en las diferentes fases del cultivo, se identifica como uno de los problemas fundamentales que afecta el comportamiento productivo del tomate en invernadero (Cardoza, 2007 citado por Hernández *et al.*, 2009). Esta relación determina el equilibrio entre los procesos vegetativos y reproductivos, pues el potasio actúa como regulador de crecimiento cuando la disponibilidad del nitrógeno es alta. A nivel internacional existen diversos estudios en donde se evaluó el efecto individual del nitrógeno y el potasio en el cultivo protegido del tomate, definiéndose relaciones óptimas para estos nutrientes en términos de kg/ha, que varían de 1:1.5 a 1.4 en función de la variedad, manejo del cultivo y clima existente (Hernández *et al.*, 2009).

La relación entre Potasio y Nitrógeno da origen a las soluciones nutritivas de crecimiento y producción, ya que una relación K/N=1 de 200 ppm de Potasio y 200 ppm de Nitrógeno da como resultado una solución nutritiva de crecimiento, mientras que una relación de 300 ppm de Potasio y 200 ppm de Nitrógeno, y otra de 200 ppm de Potasio y 133 ppm de Nitrógeno dan la relación para producción K/N =1.5. Lo anterior se utilizó con muy buenos resultados en la producción de fresa, donde los resultados reportan un incremento del 50% (Manríquez, 2004).

Aquellos cultivos cuyo interés comercial está en la fase reproductiva, ya sea en la producción de flores o en la de frutos, la relación considerada entre N, K y P debe ser diferente a la utilizada para el desarrollo vegetativo. En el periodo de floración y fructificación se debe reducir la relación N/K y aumentar la de P/K. Estas alteraciones son más fáciles de hacer en cultivo hidropónico (Furlani, 2003).

La hidroponía es una técnica que permite producir plantas sin emplear suelo, lo cual ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados, porque requiere de poco espacio y una mínima cantidad de agua (Rodríguez, 2003). Es altamente productiva, conservadora de agua, tierra y protectora del medio ambiente. Se emplea para el desarrollo de plantas con soluciones nutritivas (agua y fertilizantes) con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, rockwool, musgo de turba, aserrín). Se emplea un invernadero para el control de temperatura, reducción de la pérdida de agua por evaporación, reducir las enfermedades e infestaciones de plagas y protección del cultivo contra el viento y la lluvia (Jensen, 2002).

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó de marzo a septiembre del año 2007 en el invernadero de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de

Chihuahua y se utilizó como material vegetal el tomate variedad Gabriela.

Material experimental. Se utilizaron los materiales y equipo que se detallan a continuación:

Para el cultivo	Para los análisis
Invernadero 180 m ²	Matraz Microkjeldahl de digestión
Charolas para siembra de poliestireno de 128 cavidades	Vaso de precipitado de 40 ml
Peat moss	Bureta y soporte universal
Bolsas de plástico de 40 x 40 cm	Matraz Erlenmeyer de 250 ml
Arena de río	Espátulas
Rafia	Pipetas serológica de 5 ml
Ganchos	Desecador
Goteros	Filtros
Manguera	Matraz aforado de 250 ml
Tubin	

Reactivos	Equipo
0.6 g de muestra pulverizada de tomate seco	Espectrofotómetro con absorción atómica de flama Perkin Elmer 3100
Muestra reactivas de selenio	Balanza analítica Chyo JL-180
H ₂ SO ₄ concentrado	Parillas de digestión Microkjeldahl
NaOH al 40%	Aparato de destilación Microkjeldahl
H ₂ BO ₃ al 4%	Parrilla de calentamiento
Indicador mixto	Mufla
HCl 0.1N y HCl concentrado	
Agua tridestilada	
Agua destilada	
Acido Nitrico concentrado	
Lantano	

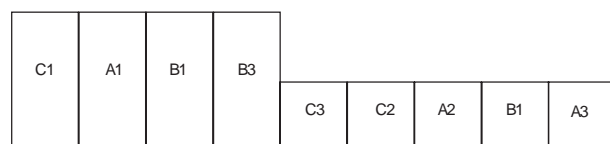
La siembra de la semilla y desarrollo de las plantas se realizó en una charola de poliestireno de 128 cavidades, utilizando como sustrato peat moss, el cual se humedeció con agua de la llave. Una vez que la semilla fue depositada, la charola se cubrió con un plástico color negro y se colocó a una temperatura templada; los días posteriores a la siembra y después de que la planta emergió, se regó diariamente sólo con agua hasta el momento del trasplante.

El trasplante se realizó 30 días después, cuando las plantas ya habían crecido lo suficiente (aproximadamente de 15 a 20 cm). Para este procedimiento se rellenaron bolsas negras de plástico de 40x40 cm utilizando arena de río como sustrato; luego estas bolsas fueron acomodadas en dos filas dentro del invernadero, la arena se remojó por completo y al centro se hizo un pequeño agujero donde se colocó la planta (es importante que ésta tenga el cepellón). Se recomienda que este paso se haga por la tarde, para que la planta pueda reposar y goce de un ambiente húmedo para reponerse. Al día siguiente, estas plantas se comenzaron a regar diariamente con la solución de crecimiento.

A los 15 días del trasplante se comenzó con el tutorado, que consiste en dirigir las plantas hacia arriba, utilizando para ello un cordón de rafia que tiene en su extremo un gancho que se utiliza para colgar la planta a la línea de alambre que se encuentra aproximadamente a dos metros de altura, con el objeto de que el crecimiento siempre sea hacia arriba y se les deja un solo tallo; durante este proceso se comenzaron a eliminar los tallos axilares, los cuales crecen entre el tallo principal y las ramas primarias, éstos se eliminan cuando miden de 2 a 5 cm, para que la planta no pierda vigor y nutrientes; también se desechan las hojas secas o marchitas permitiendo así una mayor ventilación al cultivo.

Las plantas fueron seleccionadas al azar, se incorporaron en tres lotes (A, B y C) y a su vez cada uno de estos se subdividieron en tres sublotes de 12 plantas cada uno, acomodándolos también al azar dentro del invernadero; posteriormente, cada lote fue regado con las diferentes soluciones nutritivas preparadas (Figura 1).

Figura 1. Disposición de los lotes.



Las plantas fueron regadas según el diseño experimental, es decir, los lotes marcados con la letra A fueron regados con la solución A y así de igual manera con los otros lotes.

Cuadro 1. Composición de las soluciones nutritivas en ppm.

Macro elementos	Solución A	Solución B	Solución C
N	200	200	133
K	200	300	200
P	60	60	60
Ca	150	150	117
Mg	40	40	40
S	52	52	52
Micro elementos			
Fe	1	1	1
Mn	0.5	0.5	0.5
B	0.5	0.5	0.5
Cu	0.05	0.05	0.05
Zn	0.05	0.05	0.05

Durante la etapa de producción se realizaron once cortes, comenzando el día 29 de junio del 2007 y terminando el día 7 de septiembre del mismo año; la etapa de cosecha abarcó un total de 72 días. Estos cortes se realizaron manualmente y la producción fue registrada según los lotes correspondientes.

Los tomates se cortaron en rebanadas, se distribuyeron en un plato extendido, y se les rotuló según el lote a que pertenecían; luego se pusieron a secar dentro de una estufa durante 24 horas a 60°C. Una vez secos, la muestra se pulverizó y colocó en una bolsa de papel (no plástico) y se envió al laboratorio.

Resultados y discusión

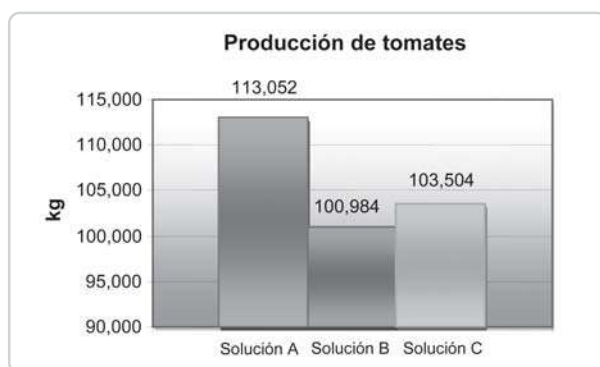
La bibliografía analizada menciona que una relación potasio-nitrógeno de 1.5 en época de producción incrementa la productividad, debido a esto se prepararon tres soluciones distintas, una de ellas, la solución A, representa la que se utiliza solo para crecimiento, y la relación potasio-nitrógeno es igual a 1; las otras dos soluciones muestran variación en estos compuestos, y anteriormente ya se probaron en otros cultivos aumentando positivamente la producción.

Cuadro 2. Producción total de tomate según la solución empleada.

Solución A		Solución B		Solución C	
Lote A	Producción (kg)	Lote B	Producción (kg)	Lote A	Producción (kg)
A1L1	11,795	B1L1	9,700	C1L1	8,555
A1L2	12,080	B1L2	11,740	C1L2	9,440
A1L3	10,520	B1L3	12,925	C1L3	10,135
A2L1	13,180	B2L1	11,630	C2L1	12,490
A2L2	13,577	B2L2	12,280	C2L2	12,585
A2L3	9,915	B2L3	11,515	C2L3	12,470
A3L1	11,215	B3L1	9,690	C3L1	13,999
A3L2	11,910	B3L2	12,755	C3L2	11,870
A3L3	18,860	B3L3	8,749	C3L3	11,960
Total kg	113,052	100,984		103,504	

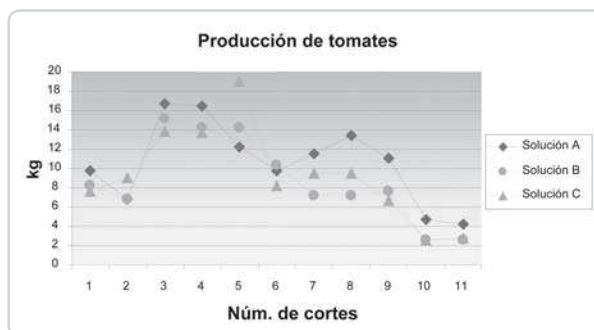
En el proyecto que nos ocupa, los mejores resultados se obtuvieron en la solución A, lo cual se explica si se considera que la planta de tomate entra a estado de productividad cuando florece y sigue creciendo de modo que se puede observar la aparición de 8 a 14 racimos (Figura 2). Dependiendo del tiempo que permanezca en producción y después de la aparición de cada racimo, siempre se podrá observar una etapa de crecimiento, por lo que se afirma que la planta de tomate siempre está en crecimiento, sin embargo, la mayoría de las plantas interrumpen su crecimiento al entrar en la etapa productiva, tal es el caso de los cultivos de chile y fresa. Por tal motivo, de manera general se emplean soluciones nutritivas con una relación K/N = 1 para la etapa de crecimiento y la relación K/N = 1.5 para la etapa de producción.

Figura 2. Producción total de tomate según la solución empleada.



En la Figura 3 se representa la producción obtenida de las tres diferentes soluciones nutritivas utilizadas, respecto a los tiempos de los cortes realizados, y aún cuando se pueden ver ligeros aumentos en algunos puntos, estos aumentos no son significativos, pues en su mayoría todos siguen un mismo patrón de comportamiento.

Figura 3. Producción de tomate respecto al tiempo de corte.



En los Cuadros 3 y 4 se observa que las plantas de tomate que fueron tratadas con la solución A (relación K-N 1:1) muestran en sus frutos una mayor cantidad de Ca, lo que muestra un comportamiento poco usual, puesto que comúnmente en tiempo de verano, en donde las temperaturas suelen alcanzar arriba de los 38°C, es necesario asperjar una solución de calcio sobre el cultivo para evitar la deficiencia antes descrita; lo anterior representa un beneficio adicional al utilizar la solución A.

Cuadro 3. Condensado de resultados de los elementos determinados.

Resultados en ppm del Ca analizado		Resultados en ppm del K analizado		Resultados en % del N analizado	
Muestras	Resultados	Muestras	Resultados	Muestras	Resultados
A1	4,985	A1	11,659	A1	2,011
A2	3,230	A2	12,956	A2	2,032
A3	5,465	A3	12,626	A3	2,111
B1	3,224	B1	12,948	B1	2,661
B2	3,488	B2	12,628	B2	2,174
B3	4,087	B3	15,856	B3	2,245
C1	4,734	C1	12,726	C1	2,126
C2	3,509	C2	14,134	C2	2,355
C3	3,374	C3	14,056	C3	2,256

Cuadro 4. Promedio de resultados de los elementos determinados.

	Ca (ppm)	K (ppm)	N (%)
Lote A	4,56	12,41	2,05
Lote B	3,59	13,81	2,36
Lote C	3,87	13,63	2,24

Tomando en consideración que las plantas de tomate de los diferentes tratamientos requirieron de un espacio de 12 m² por tratamiento, y las diferencias encontradas, no obstante que no son significativas estadísticamente hablando, sí son de interés para los productores, puesto que se incrementa la producción de un 8.44% a un 10.67% en base a 1 ha (Cuadro 5). Si se toma en consideración que un invernadero hidropónico, para que sea rentable y exporte su producto, debe de tener mínimo una superficie de 4 hectáreas, la diferencia sería de 31,826 kg a 40,226 kg, que en pesos, tomando en cuenta que le precio mínimo de exportación es de \$10 pesos por kg de tomate, la diferencia es de \$318,260 y \$ 402,260 pesos.

Cuadro 5. Anova para los tres tipos de soluciones.

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.1593	0.0797	2.15	0.139
Error	24	0.8906	0.0371		
Total	26	1.0499			

S = 0.1926 R-Sq = 15.18% R-Sq(adj) = 8.11%


Nota: si $P_v > 0.05$ (valor de alfa) (nivel de confianza del 95%) significa que no existe diferencia significativa, por lo que podemos afirmar que las soluciones tienen el mismo rendimiento.

De las plantas tratadas con la solución B (300ppm K y 200ppm N) y la solución C (200ppm K y 133ppm N) con una relación K-N 1.5, se observa que la mayor producción se obtuvo con la solución C; se ha reportado que la mayor productividad se obtiene cuando se emplea la relación 1.5 en la etapa de producción, sin especificar cómo lograr esta relación; de este resultado se desprende que la mejor relación 1.5 entre el K y el N es cuando el contenido de N empleado es menor, ya que de esta manera se aumenta la producción.

Conclusiones

Se ha recomendado el tratamiento con una relación K/N = 1.5 pero no se especifican cantidades; sin embargo, a partir de esta experiencia se puede concluir que el empleo de la solución C aportó mejores resultados, e incluso representa una menor cantidad de fertilizante a utilizar, por lo que se recomienda utilizar 200 ppm de potasio y 133 para el cultivo hidropónico de tomate.

Bibliografía

- ANUARIO ESTADÍSTICO DE CHIHUAHUA 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- ESPINOSA, C. 2004, Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah. México. Octubre 13,14 y 15 del 2004 http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort04/03Prod_tomate_invernadero.pdf. Pagina visitada el 10 diciembre 2009
- HERNÁNDEZ-DÍAZ, M. I., M. Chailloux-Laffita, V. Moreno-Placeres, A. Ojeda-Veloz, J. M. Salgado-Pulido y O. Bruzón-Guerrero. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo ferralítico rojo. *Pesq. agropec. bras.* 44(5) p.429-436
- FURLANI, P. 2003, Nutrición Mineral de Plantas en Sistemas Hidropónicos. Boletín informativo No. 21 Instituto Agronómico de Campinas, Sao Paulo, Brasil.
- JENSEN, M. 2002, Agricultura en ambiente controlado en desiertos, trópicos y regiones templadas-una revisión mundial, curso internacional de invernaderos 2002, Universidad Autónoma Chapingo.
- MANRIQUEZ, A, 2004. Tesis "Efecto del ácido giberelico y la relación potasio-nitrógeno en fresas de la variedad Camarrosa. Cultivadas por hidroponía". Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- NUEZ, F, 2001, El cultivo del tomate. Ediciones mundi-prensa, primera edición. 1995, reimpresión 2001, Madrid España.
- PAPADOPOULOS, T. 2004. "Manejo del ambiente y los factores nutricionales para la producción de tomate de alta calidad en invernaderos". Memorias del Congreso Internacional de Hidroponía 2004. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chih., México.
- RODRÍGUEZ, S. 2003. Forraje verde hidropónico. Memorias del Congreso Internacional de Hidroponía 2003. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México. 

Este artículo es citado así:

López-Acosta, P. P., A. Cano-Montes, G. S. Rodríguez-De la Rocha, N. Torres-Flores, S. M. Rodríguez-Rodríguez y R. Rodríguez-Rodríguez. 2011: *Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(2): 98-104.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

PAULA PATRICIA LÓPEZ ACOSTA. Es Químico con especialidad en Alimentos, titulada en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Su trabajo de tesis fue "Efecto de las concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate variedad Gabriela mediante el cultivo hidropónico". Llevó a cabo sus prácticas profesionales en la empresa Bimbo, S.A. de C.V., en el laboratorio de análisis para el producto terminado. Cuenta con un Diplomado en Ciencias de la Educación otorgado por la Escuela Normal Superior "Profr. José Medrano R.". Ha tenido experiencia profesional en diversas empresas: como inspector de calidad en la empresa Chihuahua Meat, en el Centro de Regularización Maestra Teresa Magallanes, y en American Beef, como auditor de calidad.

AIDA CANO MONTES. Se tituló en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua como Químico con opción de Alimentos, con el trabajo de tesis "Efecto de las concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate variedad Gabriela mediante el cultivo hidropónico". Realizó sus prácticas profesionales en la empresa Bimbo, S.A. de C.V. en el Laboratorio de Control de Calidad. Tiene experiencia profesional en la empresa Chihuahua Meat Grupo Visa del Norte como inspector encargado del aseguramiento de calidad así como el apoyo al desarrollo de nuevos productos y apoyo a supervisión de producción desde el 2009 a la fecha.

GUADALUPE SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA. Es profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Asesora estudiantes de licenciatura. Obtuvo su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guadalajara recibiendo el título de Químico su maestría en la Facultad de Zootecnia de Universidad Autónoma de Chihuahua título Maestro en Ciencias área menor nutrición. Su investigación se centra principalmente en la aplicación de la Química a la producción alimentaria utilizando el método hidropónico así como en los nutrientes que dichos productos pueden aportar en la nutrición animal y de humanos. Ha impartido más de 60 cursos a la población sobre hidroponía en los estados de Chihuahua, Durango, y Sonora, a participado como organizador de 2 congresos en el área de hidroponía como maestro ponente. Es fundadora y presidente de la Sociedad Chihuahuense de Hidroponía, ha dirigido las brigadas de Servicio Social denominadas hidroponía y conservación de alimentos, que han llegado a un mínimo de 24 comunidades del estado de Chihuahua a lo largo de 14 años. Ha escrito libros, folletos y artículos así como material didáctico en el área.

NARCISO TORRES FLORES. Es Profesor de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Cursó la licenciatura en esta misma Facultad de Ciencias Químicas, otorgándosele en 1980 el título de Ingeniero Químico Bromatólogo. Realizó estudios de posgrado en la Facultad de contaduría y Administración en esta misma Universidad, obteniendo en 1990 el grado de Maestro en Administración; actualmente se encuentra cursando el 5° semestre de la Maestría en Estadística Aplicada en la Facultad de Zootecnia y Ecología de esta Universidad Autónoma de Chihuahua. Se desempeña como maestro de Tiempo completo desde el año de 1980. Ha ocupado diversos cargos administrativos en la Universidad, destacando el de Director de la Facultad de Ciencias Químicas y Director Académico de la UACH. El área de interés actualmente es el análisis e interpretación de datos.

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.

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

- Texto (capítulos y su orden).
- Agradecimientos.
- Literatura citada.
- 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 sirva al investigador como argumento científico al describir su trabajo. A continuación se cita un artículo, cuyo título es: “Olor penetrante y azúcares de cultivares de cebolla de días cortos afectados por nutrición azufrada”. Los autores empiezan con las oraciones siguientes:

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

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

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

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

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

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

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

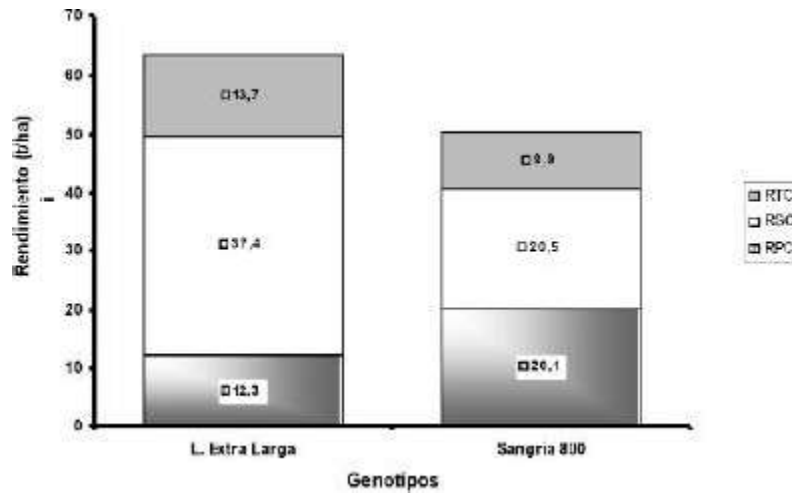
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apearse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

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).



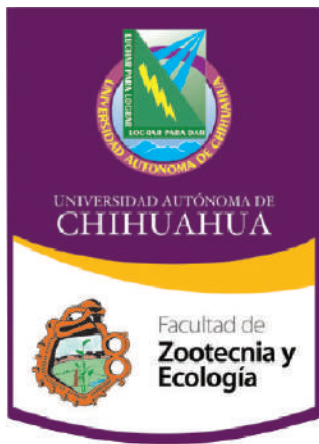
Cuadro 2. Unidades de medición y abreviaturas de uso frecuente.

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*.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE C H I H U A H U A

Facultad de Zootecnia y Ecología

**Convocatoria
Primavera 2012**

Maestría y Doctorado en Producción Animal y Recursos Naturales

LÍNEAS DE GENERACIÓN Y APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

- ✓ Biotecnologías reproductivas y esquemas de conservación y mejoramiento genético
- ✓ Control de calidad y aseguramiento en los productos cárnicos
- ✓ Monitoreo y evaluación de los recursos naturales
- ✓ Sistemas de alimentación animal, microbiología gastrointestinal y fisiología digestiva

REQUISITOS DE INGRESO

- Poseer título o acta de Examen Profesional del grado anterior
- Promedio mínimo de 8.0 en estudios anteriores
- Presentación del EXANI III de CENEVAL. (www.ceneval.edu.mx)
- Registrarse en la página de CONACyT en la opción CVU (www.conacyt.mx)
- Presentar el examen de conocimientos que aplica la Secretaría de Investigación y Posgrado
- Acreditar 400 puntos del TOEFL para maestría y 450 para doctorado o el nivel correspondiente del Centro de Idiomas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Realizar entrevista con el Comité de Admisión.

Fecha límite para entrega de documentos: 30 de noviembre

Examen de Inglés en el Centro de Idiomas de la UACH:
Examen General de conocimientos en la Fac. de Zootecnia: (Sin costo)
Entrevista con miembros de los Cuerpos Académicos:
Resultados:

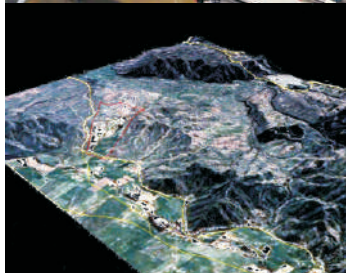
1 de diciembre 10:00 Hrs.
1 de diciembre 15:00 Hrs.
2 de diciembre 10:00 Hrs.
15 de diciembre

MAYORES INFORMES

TELS. y FAX: (614)434 0303, 434 1448, 434 0304

igarciag@uach.mx, frodrigu@uach.mx

www.fz.uach.mx



CONACYT

Programas en el Padrón del
Programa Nacional de Posgrados
de Calidad SEP-CONACYT



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



Facultad de
Odontología

PROGRAMA DE MAESTRIA



ESTOMATOLOGÍA PEDIÁTRICA

GENERACIÓN 2012-2013

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DRA. MARTINA M. NEVÁREZ RASCÓN

COORDINADOR DE MAESTRÍA
DR. JULIO VILLEGAS HAM

La Universidad Autónoma de Chihuahua
a través de la
Facultad de Odontología

CONVOCA

A los egresados de la Licenciatura del área
Odontológica a realizar estudios de Maestría en un
programa de 4 semestres.

FECHAS IMPORTANTES

Entrega y recepción de solicitudes:
4 de Abril al 28 de Octubre del 2011

Curso Propedéutico:
Del 31 de Octubre al 25 de Noviembre del 2011

Exámen CENEVAL (EXANI-III)
Elegir la orientación profesionalizante
Hacer el registro en línea: www.ceneval.edu.mx
3 de Mayo al 25 de Junio
para aplicación del 23 de Julio
28 de Junio al 13 de Agosto
para aplicación el 10 de Septiembre
16 de Agosto al 5 de Noviembre
para aplicación el 3 de Diciembre

Lugar: Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
Circuito Interior Universitario Campus 1 s/n
Chihuahua, Chihuahua. C.P. 31110

Entrevistas con el comité de selección:
Del 28 al 30 de Noviembre 2011

Examen final del curso propedéutico:
1 de Diciembre del 2011

Publicación de resultados:
12 de Diciembre del 2011

Inscripciones a primer semestre:
3 al 6 de Enero del 2012

Inicio del programa:
9-Enero-2012

**ESTE PROGRAMA
CUENTA CON BECAS
CONACYT**

No. Referencia en el PNPC
002144

Ciudad Universitaria Campus 1
C.P. 31000 Chihuahua, Chih., México
Conmutador. (614) 439-1834 ext. 1611/1609/1637
Directo:(614) 238-2011

www.fo.uach.mx



“Caminos de Vida”

Es una obra mural de 4.80 x 1.5 metros, compuesto por seis paneles. Las margaritas siempre han representado para mí, felicidad, vida, energía. En el recorrido de la vida, de la niñez a la pubertad, no hay ataduras ni nudos, los caminos se abren siempre solos cuando tienes un propósito de vida; el mío era ser pintora y volar alrededor del mundo, sin fronteras.

Magali Hernández González

“Nudos de la Vida”

