

TECNOCIENCIA Chihuahua

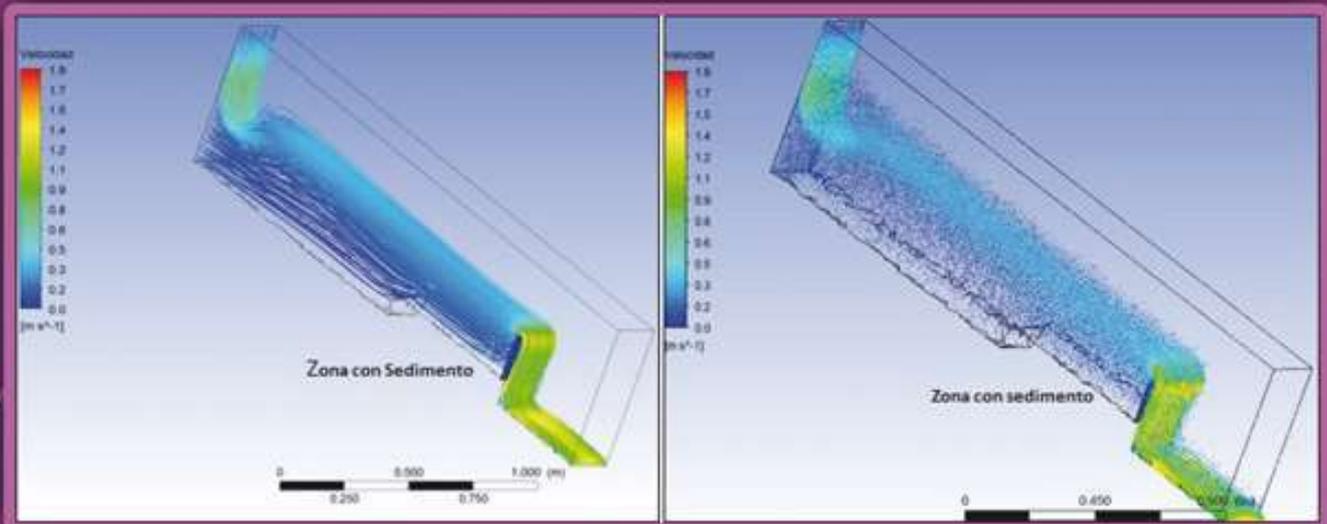
Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades
Universidad Autónoma de Chihuahua



Peach seedling growth with mycorrhiza and vermicompost



El amoníaco en las explotaciones avícolas: efectos sobre las aves y el ambiente



Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" para canales trapezoidales con presencia de sedimento ($\phi = 0.05$ mm).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

M.E. LUIS ALBERTO FIERRO RAMÍREZ
Rector

M.C. JAVIER MARTÍNEZ NEVÁREZ
Secretario General

M.E. ALFREDO RAMÓN URBINA VALENZUELA
Director de Investigación y Posgrado

M.C. FRANCISCO MÁRQUEZ SALCIDO
Director Administrativo

M.A.V. RAÚL SÁNCHEZ TRILLO
Director de Extensión y Difusión Cultural

M.A. HERIK GERMÁN VALLES BACA
Director Académico

M.I. RICARDO RAMÓN TORRES KNIGHT
*Director de Planeación y Desarrollo
Institucional*



DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA
Editor en Jefe

DR. ÓSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS
Editor adjunto

M.E.S. NANCY KARINA VENEGAS HERNÁNDEZ
Procesos Editoriales

PEDRO AMAYA ITURRALDE
Procesos Técnicos

MTRO. IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA
Cuidado de la Edición

EDITORES ASOCIADOS

DR. FELIPE ALONSO RODRÍGUEZ ALMEIDA

DRA. MARÍA ELENA FUENTES MONTERO

DRA. LAURA CRISTINA PIÑÓN HOWLET

DR. JAVIER TARANGO ORTIZ

DRA. GUADALUPE VIRGINIA

NEVÁREZ MOORILLÓN

DR. FRANCISCO ALBERTO PÉREZ PIÑÓN

DR. IGNACIO CAMARGO GONZÁLEZ

DRA. MARGARITA LEVARIO CARRILLO

TECNOCENCIA Chihuahua

Consejo Editorial Internacional

DR. GUILLERMO FUENTES DÁVILA

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México

DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

Colegio de Posgraduados, México

DR. JOHN G. MEXAL

New Mexico State University, Estados Unidos de América

DR. ULISES DE JESÚS GALLARDO PÉREZ

Instituto de Angiología y Cirugía Vascular, La Habana, Cuba

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

DRA. ELIZABETH CARVAJAL MILLÁN

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., México

DR. ALBERTO J. SÁNCHEZ MARTÍNEZ

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ

Instituto Politécnico Nacional, México

DR. LUIS FERNANDO PLENGE TELLECHEA

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México

DRA. ANGELA BEESLEY

University of Manchester, Reino Unido

DR. LUIS ALBERTO MONTERO CABRERA

Universidad de La Habana, Cuba

DR. RICARD GARCÍA VALLS

Universitat Rovira I Virgili, España

DR. LUIZ CLOVIS BELARMINO

Faculdade Atlantico Sul, Brasil

TECNOCENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen XI, Número 2. Mayo-Agosto 2017. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. ISSN Difusión Vía Red de Cómputo: En trámite. Número de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2018-070312595700-203. 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: Carmona Impresores. 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 2209), e-mail: tecnociencia.chihuahua@uach.mx Página web: <http://tecnociencia.uach.mx> Nuevo portal: vocero.uach.mx

Contenido

Definición de la revista	I	
Editorial	II	
El científico frente a la sociedad		
Técnica de evaluación para damping-off en frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) infectado por <i>Pythium aphanidermatum</i>	41	69
<i>César Humberto Rivera-Figueroa, Sylvia Patricia Fernández-Pavía</i>		
Alimentos		
Peach seedling growth with mycorrhiza and vermicompost	48	
<i>Horacio Eliseo Alvarado-Raya</i>		
Salud y Deporte		
Actividad física, ingesta alimentaria e indicadores antropométricos en estudiantes universitarios	58	
<i>Liliana Aracely Enríquez-Del Castillo, Lidia Guillermina De León-Fierro, Pablo Jorge Marcos-Pardo, Alejandro Martínez-Rodríguez, Ramón Candía-Luján, Claudia Esther Carrasco- Legleu</i>		
Ingeniería y Tecnología		
Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" para canales trapecoidales con presencia de sedimento ($\emptyset = 0.05$ mm)		
<i>Diego Mejía, Holger Benavides-Muñoz</i>		
Medio ambiente y Desarrollo sustentable		
El amoníaco en las explotaciones avícolas: efectos sobre las aves y el ambiente		82
<i>Juan Manuel Cohuo-Colli, Josafhat Salinas-Ruiz, Aleida Selene Hernández-Cázares, Juan Valente Hidalgo-Contreras, Joel Velasco- Velasco</i>		
Influencia académica en la organización social de productores como una estrategia para mejorar la producción ovina en Campeche, México		92
<i>Ángel Felipe Dzib-Can, Ana María Ortiz-de- Montellano-Nolasco, Glafiro Torres- Hernández</i>		

Definición de la Revista *TECNOCIENCIA* Chihuahua

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

- LATINDEX, Catálogo de revistas científicas de México e Iberoamérica que cumplen con criterios internacionales de calidad editorial.
- PERIÓDICA, 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 *TECNOCIENCIA* Chihuahua se publica cuatrimestralmente para divulgar los resultados de la investigación en forma de avances científicos,

desarrollo 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 académicos, científicos, tecnólogos, profesionistas, estudiantes y empresarios

Editorial

Los entornos virtuales del aprendizaje (EVA), las tecnologías de la información y comunicación y la pedagogía de la virtualidad han ganado espacio en la educación superior. El reto de los EVA es diseñar un ambiente motivador para que el estudiante construya su propio aprendizaje, y lo suficientemente versátil para que el profesor desarrolle su potencial creativo en el desarrollo de contenidos. El artículo "Entre la presencialidad y los entornos virtuales del aprendizaje en odontología" tiene como propósito explorar la aplicación de los EVA en odontología, y cuáles son los requerimientos pedagógicos y tecnológicos para su ejecución.

En el artículo "Imagen corporal en adolescentes chihuahuenses", los autores determinaron las diferencias y similitudes en 478 alumnos y alumnas mexicanos de secundaria en cuanto a la percepción sobre su imagen corporal actual, ideal, social e inconformidad corporal. Con base en los resultados, los autores afirman que las mujeres son quienes eligen modelos más delgados para su figura ideal, además de mostrar mayor inconformidad corporal. La importancia de esta aportación radica en la posibilidad de ofrecer información para prevenir el desarrollo de trastornos alimentarios y de personalidad en los adolescentes por la negativa valoración de su imagen corporal.

Las redes sociales se han erigido como instrumentos determinantes para la promoción y disuasión de candidatos a cargos de elección popular. A este fenómeno se le conoce como gobernanza. En el artículo "Governance of electoral preferences, consensus and voting intention", los autores exploraron las relaciones entre preferencias y expectativas de los votantes usuarios de redes digitales a través del instrumento de Cultura Ciber-Política, encontrando que el factor de expectativa de consenso determinó las intenciones de voto en estudiantes universitarios.

A partir de un análisis con enfoque multidimensional de las estructuras familiares en el estado de Chihuahua, en: "Las estructuras de familia en Chihuahua en 2015: organización y dinámicas de cambio", el autor encontró,

a partir de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, cuatro tipos principales de hogares familiares según estén encabezadas por: 1) parejas casadas, 2) parejas en unión libre, 3) jefas solas y 4) jefes solos, divididos en 22 subtipos diferentes. Para tal efecto, se consideraron las dinámicas de autoridad, el marco normativo y los vínculos de parentalidad, entre otros factores.

El acelerado crecimiento urbano y la falta de planeación han provocado un descenso en los niveles de agua subterránea. En el trabajo "Evolución temporal del flujo del agua subterránea en Ciudad Juárez, Chihuahua aplicando modelación geoespacial" los autores analizaron la evolución de los acuíferos Bolsón del Hueco y Bolsón de la Mesilla en Ciudad Juárez, Chihuahua en un periodo de 39 años (1975-2014), para estimar la dirección del flujo del agua subterránea. Se demostró que en este periodo la profundidad del nivel estático ha variado de 30 a 140 m, por lo que se sugieren políticas preventivas para detener la sobreexplotación del acuífero de esta zona.

Con el objetivo de ampliar el conocimiento de la variedad de especies de aves presentes en el estado de Aguascalientes, los autores del artículo: "Avifauna de la comunidad de La Lumbrera (Cieneguilla), Aguascalientes, México" registraron durante ocho meses, con el método de transecto sin ancho de banda mediante la observación directa, un total de nueve órdenes, 26 familias, 39 géneros y 46 especies presentes en la comunidad de La Lumbrera.

PH. D. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA
EDITOR EN JEFE

Técnica de evaluación para *damping-off* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infectado por *Pythium aphanidermatum*

Screening technique for *damping-off* in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) infected by *Pythium aphanidermatum*

CÉSAR H. RIVERA FIGUEROA^{1,3} Y SILVIA FERNÁNDEZ PAVÍA²

Resumen

Se realizó un experimento de laboratorio con seis variedades de frijol que representan un rango de capacidad germinativa y colores de testa de semilla; fueron sembrados e infectados con inóculo del patógeno *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. El objetivo fue desarrollar técnica de evaluación para pudrición de semilla y *damping-off*, producidas por *Pythium aphanidermatum* en cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 6 x 2 y tres repeticiones; el Factor A, consistió de seis cultivares: *Mantequilla Tropical*, *Azufrado*, *Negro Jamapa*, *Delicias 71*, *Agramejo* y *Selección # 4*; el Factor B, representado por dos concentraciones del patógeno, *niveles 0 y 10⁴ esporas.ml⁻¹*; la unidad experimental (UE) estuvo representada por 20 semillas de frijol, sembradas en una caja de Petri. Los resultados indican que la inoculación y la técnica de evaluación, fueron exitosas para causar enfermedades por *Pythium* y discriminar un grado variable de resistencia al patógeno que estuvo claramente asociado con el tipo de cultivar. Las variedades *Negro Jamapa*, cuya testa color negro y *Azufrado* con tegumentos amarillos, fueron más resistentes al patógeno, mientras que los cultivares *Delicias 71* y *Selección # 4*, ambos con testas manchadas o pinto, mostraron mayor susceptibilidad a *Pythium*. Los daños y síntomas observados en cultivares susceptibles fueron: baja germinación, alto porcentaje de pudrición de semilla y raíz, además, se observó presencia de micelio.

Palabras clave: pudrición de la semilla, color de la testa, micelio, pudrición de la raíz e índice de daño.

Abstract

A laboratory experiment was conducted with six bean varieties, representing a range in germination capacity and seedcoat colors; the cultivars were sown and infected with a pathogenic oomycete isolate of *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. The purpose of this study was to develop a seedling screening technique for seed decay and damping-off diseases, which are produced by the pathogenic species *Pythium aphanidermatum* on cultivated beans (*Phaseolus vulgaris* L.). A completely randomized design was used, with a factorial arrangement 6 x 2 and three repetitions; Factor A was represented by cultivars: *Mantequilla Tropical*, *Azufrado*, *Negro Jamapa*, *Delicias 71*, *Agramejo* and *Selección # 4*; Factor B consisted of two isolate concentrations, levels 0 and 10⁴ ml⁻¹; experimental unit (UE) was represented by 20 bean seeds, sown on a Petri dish. The findings of this study indicated that the screening technique was successful to cause *Pythium* diseases and the level of resistance was clearly associated with the cultivar. «*Negro Jamapa*» (black seedcoat) and «*Azufrado*» (yellow seedcoat) were the most resistant to the pathogen; on the other hand, «*Delicias 71*» and «*Selección # 4*», which have spotty seedcoat, were the most susceptible bean cultivars to *Pythium*. Low percent germination, high seed decay percentage and root rot were damage and symptoms associated with the susceptible cultivars; moreover, it was also observed the presence of mycellium.

Keywords: Seed decay, seedcoat color, mycelium, root rot, and damage index.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Campus Universitario I. Chihuahua, Chih. México. C.P. 31200. Tel. (614) 268-9540.

² UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán, México. C.P. 58880.

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

Introducción

La especie *Phaseolus vulgaris* (L.) es la más importante de los tipos de frijol cultivados a nivel mundial, explotándose ampliamente en distintas condiciones agroecológicas que van desde los 52° latitud norte, hasta 32° latitud sur, y desde 0 hasta 3,000 msnm (Nzungize *et al.*, 2012). Se cultiva extensamente en América, Europa Occidental, África Central, del Este y Asia (Binagwa *et al.*, 2016).

La temperatura óptima para el crecimiento del frijol es 15-21 °C; la máxima es cercana a 27 °C y la mínima es alrededor de 10 °C. Sin embargo, debajo de 15 °C, la germinación es muy pobre; la tasa de crecimiento es muy lenta cuando la temperatura cae debajo de 20 °C (Stanghellini y Burr, 1973; Pieczarka y Abawi, 1978; Hall, 1991).

La especie *Pythium aphanidermatum* es probablemente uno de los patógenos más virulentos del género *Pythium*, al cual pertenecen más de 140 especies que pudieran elevarse a 300 utilizando técnicas de PCR para su identificación (Kageyama, 2014). La especie está adaptada a las condiciones climáticas del trópico y se le considera responsable de pérdidas severas en rendimiento y calidad de cosechas de más de 60 especies cultivadas, donde se incluye el frijol, considerada como una de las más vulnerables, ya sus pérdidas pueden llegar a 70% o más (Lucas y Griffiths, 2004; Valdéz *et al.*, 2011; Nzungize *et al.*, 2012; Lookabaugh *et al.*, 2015; Urrea *et al.*, 2017). Temperaturas arriba de 24 °C, alta humedad relativa, suelos inundados y mal drenaje, son condiciones que propician el crecimiento, desarrollo y patogenicidad de microorganismos del suelo, particularmente el oomicete *P. aphanidermatum*, que al infectar el frijol cultivado, soya y otras leguminosas, produce pudrición de la semilla; *damping-off* en las etapas de pre-emergencia y pos-emergencia; pobre establecimiento del cultivo; pudrición de raíz y tallo; detención del crecimiento; clorosis de la hoja; defoliación prematura; pérdidas de rendimiento hasta 100%, incluso la muerte de la planta (Adegbola y Hagedorn, 1970; Bates *et al.*, 2008; Nzungize *et al.*, 2012; Lookabaugh *et al.*, 2015).

Para el control de enfermedades producidas por *Pythium* spp., se han utilizado diversas estrategias o métodos (Sheurell *et al.*, 2005; Valdéz *et al.*, 2011; Nzungize *et al.*, 2012; Lookabaugh *et al.*, 2015; Binagwa *et al.*, 2016), señalándose los siguientes: a) control químico, mediante la aplicación de fungicidas (captan, carboxin, metalaxyl y otros); b) control biológico, mediante la actividad de microorganismos protectores de la plantas que producen metabolitos anti fúngicos que establecen competencia con el patógeno por los nutrientes, mediante la exclusión del nicho, producen parasitismo o lisis del patógeno (*Trichoderma* spp., *Gliocadium* spp., *Streptomyces*, *Actinoplanes* y *Micromonospora* y otros); c) prácticas culturales, rotación de cultivos con otras especies como maíz, mejoramiento de las condiciones de drenaje del suelo; utilización de sustratos con mayor porosidad o medios estériles para contenedores en invernaderos (basados en compostas a base de estiércol esterilizado, vermiculita y otros); d) resistencia genética de variedades, cuyas características protectoras, físicas o químicas, pueden expresarse desde la germinación hasta la etapa de plántula juvenil (Stasz *et al.*, 1980; Harman, 1983; Hall, 1991; Valdés-Rodríguez *et al.*, 2011).

Aunque el tratamiento de las semillas con fungicidas es una práctica común en diversas regiones productoras de frijol, se ha dejado de utilizar en muchos casos porque es costosa, su protección contra el oomicete *Pythium* spp. y otras especies patogénicas se limita a dos a tres semanas después de la siembra, y con el tiempo los patógenos desarrollan resistencia a los fungicidas, aumenta el riesgo de intoxicación a los seres vivos, su uso es poco amigable con

el ambiente, ya que sus efectos residuales pueden perdurar por un periodo largo (Nzungize *et al.*, 2012; Lookbaugh *et al.*, 2015).

La selección de cultivares de frijol, soya y otras leguminosas resistentes a *Pythium* spp. y otros patógenos del suelo, ha sido uno de los métodos a largo plazo más efectivos para el control de *damping-off* y otras enfermedades que afectan semillas germinadas y plántulas (Bates *et al.*, 2008; Nzungize *et al.*, 2012; Urrea *et al.*, 2017). La resistencia a la pudrición y a *damping-off*, parece estar asociada a un gen mayor con efectos dominantes y al color de la testa, aunque existe poca información acerca de la transferencia de dicha resistencia a las variedades de testa blanca (Adegbola y Hagedorn, 1970; Lucas y Griffiths, 2004; Nzungize *et al.*, 2012; Binagwa *et al.*, 2016). Se han reportado tres factores importantes asociados a la resistencia genética: (1) herencia poligénica; (2) ligamiento de la resistencia con características indeseables, como la maduración tardía, bajo rendimiento y pobre calidad de vainas; (3) la resistencia a *damping-off*, no está correlacionada con la resistencia a la pudrición de la raíz (Royle y Hickman, 1964; Hendrix y Campbell, 1973; Stasz *et al.*, 1980; Ingram y Cook, 1990; Hall, 1991).

La falta de información sobre el nivel de resistencia de las variedades cultivadas de frijol a *Pythium*, puede deberse a una técnica inadecuada de evaluación (Watanabe y Hoshida, 1983). En diversos estudios se han propuesto varias escalas de evaluación o índices de daños provocados por *Pythium* spp. y otros patógenos del suelo (Adegbola y Hagedorn, 1970; Lucas y Griffiths, 2004; Bates *et al.*, 2008; Lookanbaugh *et al.*, 2015; Binagwa *et al.*, 2016). Esta investigación propone una técnica de evaluación conducida bajo condiciones de incubadora con la aplicación del inóculo a semillas de seis cultivares de frijol. Los objetivos del estudio fueron, determinar la eficiencia de una técnica de evaluación rápida y comparar la respuesta de las variedades a la infección del inóculo del patógeno *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp.

Materiales y Métodos

Establecimiento del experimento. Se realizó una investigación bajo condiciones de laboratorio (*Plant Pathology and Weed Sciences Laboratory, New Mexico State University*), para comparar la respuesta germinativa y resistencia de seis cultivares de frijol comercial infectadas con esporas de la especie *Pythium aphanidermatum*; dicho patógeno produce comúnmente *pudrición de la semilla y damping-off*.

Selección del hospedante. Los seis cultivares de frijol fueron seleccionados de un total de 16 materiales evaluados en una prueba de germinación preliminar, realizada bajo condiciones de laboratorio. El germoplasma fue proporcionado por el Programa de Mejoramiento de Frijol de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Los criterios para la selección de las variedades fueron: el color de la testa y el porcentaje de germinación. Los cultivares de frijol seleccionados fueron los siguientes: (1) *Mantequilla Tropical*, testa color café, 98% de germinación; (2) *Azufrado*, testa amarilla, 98% de germinación; (3) *Negro Jamapa* (Nayarit), testa color negro, 98% de germinación; (4) *Delicias 71*, testa color pinto, 90% de germinación; (5) *Agramejo*, testa color canela, 88% de germinación; (6) *Selección # 4*, testa color pinto, 88% de germinación. Todos los cultivares tienen buena adaptabilidad, producen rendimientos económicamente aceptables y algunos toleran cortos periodos de sequía (frijoles pintos).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones ($r = 3$) y un diseño de tratamientos con un arreglo factorial. Cultivares representó al Factor A ($a = 6$ variedades) y el Factor B, representado por el nivel de inóculo ($b = 0$ y 10^4 esporas/ml), resultando 12 tratamientos ($a \times b = 6 \times 2 = 12$) y 36 unidades experimentales ($r \times a \times b = 3 \times 6 \times 2 = 36$), siendo la unidad experimental representada por 20 semillas sembradas en una caja de Petri.

Preparación del inóculo. El aislado de *Pythium aphanidermatum* (Edson) fue proporcionado por el Dr. Craig M. Liddell, del *Department of Entomology-Plant-Pathology-Weed Science (EPPWS)* de *New Mexico State University*. El oomicete se mantuvo en agar comercial CMA (Corn Meal Agar) a 27 °C. Secciones de micelio (4 X mm² de 2 d de edad), fueron transferidos dos veces por semana a medio de cultivo CMA (colocados en el centro de la caja de Petri). Tres días antes de la inoculación, se transfirió micelio de 2-d en secciones de 4 X 4 mm² para multiplicarlos en cajas de Petri que contenían hojas de pasto y agua destilada previamente esterilizados. La suspensión del inóculo se preparó el día de la inoculación exponiendo al patógeno a una temperatura fría de 4 °C por 30 min; después, se licuaron las hojas de pasto infectadas con el oomicete y se filtraron para eliminar el tejido foliar. Se realizó un conteo de esporas/campo y la solución del inóculo se ajustó con un hemacitómetro a 10⁴ esporas.ml⁻¹.

Esterilización e inoculación de las semillas. Fueron esterilizadas sumergiéndolas por 30 min en una solución de cloro comercial al 10%; se lavaron de forma rápida en agua destilada; enseguida, se dejaron remojando por dos horas para obtener una tasa de imbibición uniforme; posteriormente, fueron colocadas en cajas de Petri (100 x 15 mm) para realizar los ensayos de infección. Una vez colocadas las semillas en las cajas, se aplicaron 10 ml de la suspensión del inóculo a cada cultivar de acuerdo al tratamiento deseado, después de la inoculación, fueron aplicados 5 ml de agua destilada para reemplazar el agua perdida por evaporación. Las cajas de Petri se mantuvieron en una incubadora a 30 °C; se registró diariamente la germinación (%) y el índice de daño (ID).

Escala de evaluación del ID. El índice de daño (ID) producido por *Pythium*, fue evaluado por medio de una escala de seis valores (de 0 a 5), donde: 0 = no reducción de la germinación, no síntomas de la enfermedad; 1 = reducción de 1-10% en la germinación, germinados grandes, puntas amarillentas; 2 = reducción de 1-10% en la germinación, germinados grandes,

puntas de color café; 3 = reducción de 11-30% en la germinación, germinados de tamaño medio, pudrición de algunas semillas y raíces, presencia de micelio; 4 = reducción de 31-60% en la germinación, germinados pequeños, pudrición de algunas semillas y tallos, presencia de micelio; 5 = pobre o nula germinación (reducción de 61-100%), pudrición de semillas y germinados, presencia de micelio. Cultivares con un ID de 0-2, se consideraron resistentes, 3 moderadamente resistentes y 4-5 susceptibles.

Análisis estadístico. Se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) de los resultados para las variables germinación (G_%) e Índice de Daño (ID). Además, se llevó a cabo la prueba comparativa y agrupamiento de medias utilizando el procedimiento de Tukey y un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados del ANOVA, el porcentaje de germinación (G_%) y el Índice de Daño (ID) revelaron diferencias significativas entre cultivares y concentraciones de inóculo; además, se observó que la interacción cultivar x inóculo contribuyó significativamente a los factores variedades e inóculo (Cuadro 1). La concentración de inóculo (10⁴ esporas/ml) fue efectiva para infectar todos los cultivares de frijol; sin embargo, el porcentaje de germinación y el nivel de resistencia observados como respuesta a la infección por el patógeno *Pythium aphanidermatum*, dependieron de la variedad en la cual se midieron dichas variables (Cuadro 1).

Cuadro 1. ANOVA de las variables germinación (G_%) e Índice de Daño (ID).

Fuente de variación	Grados de libertad	F calculada		F tabulada ($\alpha = 0.05$)
		G%	ID	
Cultivar	5	31.03*	9*	5.98
Inóculo	1	65.33*	243*	14.03
Cultivar x Inóculo	5	12.05*	9*	5.98
Error	24			
Total	35			

La prueba comparativa de medias de tratamientos se realizó mediante el procedimiento Tukey; la técnica reveló que para la variable ID se formaron cinco grupos de significancia; por un lado, se encuentran aquellos cultivares que no mostraron daños, como puede observarse en el Grupo E, conformado por los tratamientos 1 al 6 (seis cultivares a los que no se aplicó el inóculo) y tratamiento 9 (*Negro Jamapa* inoculado), todos ellos con un ID igual a 0 (Cuadro 2); esto sugiere que dicha variedad posee cierto grado de resistencia, probablemente debido a las antocianinas presentes en los tegumentos. El grupo D, integrado por los tratamientos 8 y 9 (*Azufrado* y *Negro Jamapa*), ambos cultivares inoculados con *Pythium*, exhibieron resistencia al patógeno, ya que sus ID fueron, respectivamente, 1 y 0. Los tratamientos 11 (*Agramejo*), 7 (*Mantequilla Tropical*) y 8 (*Azufrado*), los tres cultivares inoculados, conformaron el grupo C, con valores de ID de 3, 3 y 2, respectivamente.

Cuadro 2. Medias de tratamientos y grupos de significancia de la variable ID.

Tratamiento	Cultivar	Inóculo ¹	Medias	Grupos
12	Selección # 4	b ₁	5	A
10	Delicias 71	b ₁	4	AB
11	Agramejo	b ₁	3	BC
7	Mantequilla T.	b ₁	2	BC
8	Azufrado	b ₁	1	CD
9	Negro Jamapa	b ₁	0	DE
1	Mantequilla T.	b ₀	0	E
2	Azufrado	b ₀	0	E
3	Negro Jamapa	b ₀	0	E
4	Delicias 71	b ₀	0	E
5	Agramejo	b ₀	0	E
6	Selección # 4	b ₀	0	E

α = Nivel de significancia = 0.05; DMS = 1.7

(¹) b₀ = 0 esporas/ml (sin inóculo); b₁ = 10⁴ esporas/ml.

De acuerdo con la escala de evaluación propuesta, se consideran moderadamente resistentes las dos primeras variedades y

resistente la última. El grupo B consistió en los tratamientos 10 (*Delicias 71*), 11 (*Agramejo*) y 7 (*Mantequilla Tropical*), cuyos valores de ID fueron 4, 3 y 2, respectivamente. Finalmente, las variedades de frijol *Selección # 4* y *Delicias 71*, que fueron infectadas por el patógeno *Pythium*, se comportaron como susceptibles, ya que exhibieron valores más altos de ID de 5 y 4, respectivamente. La susceptibilidad que exhibieron en la etapa de pre-emergencia algunos de los cultivares infectados puede también deberse a que tallos y raíces son más suculentos, y que la mayor resistencia mostrada en la etapa de post-emergencia por dichas variedades es el resultado de un incremento de lignina en las plántulas de mayor edad (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2011).

En el Cuadro 3 se muestra que los cultivares pintos *Negro Jamapa* y *Mantequilla Tropical* exhibieron menor reducción en la germinación de semilla, cuyos valores fueron, respectivamente, 6.7 y 8.3%. *Selección # 4* y *Delicias 71*, mostraron la mayor pérdida en su poder germinativo, causada por el patógeno *Pythium*, con valores, respectivamente, de 60 y 20%. El bajo porcentaje de germinación de los cultivares del tipo «pinto», asociado a la pudrición de la semilla, sugiere una mayor agresividad del patógeno por la menor resistencia de la testa (Harman, 1983). Por el contrario, las cubiertas de las semillas de frijol de colores más intensos, como es la variedad *Negro Jamapa* (testa color negro), *Mantequilla Tropical* (testa café oscuro), *Azufrado* (testa color amarillo) y *Agramejo* (testa color canela), muestran mayor resistencia al ataque de *Pythium*, debido a una mayor concentración de pigmentos (antocianinas) que al parecer inhiben o restringen el crecimiento y desarrollo de este oomicete y otros patógenos que viven en el suelo (Stasz *et al.*, 1980; Hall, 1991).

La mayor estimulación del crecimiento del oomicete ha sido relacionada con la exudación de compuestos solubles en agua tales como carbohidratos y aminoácidos, entre otros (Royle y Hickman, 1964; Hendrix y Campbell, 1973; Stasz *et al.*, 1980; Harman, 1983; Nelson, 1987).

Cuadro 3. Germinación (%) de cultivares de frijol infectados con *Pythium aphanidermatum*.

Cultivares de frijol	Porcentaje de germinación		Reducción de la Germinación (%)
	b ₀ = 0 esporas.ml ⁻¹	b ₁ = 10 ⁴ esporas.ml ⁻¹	
Mantequilla T.	100.0	91.7	8.3
Azufrado	98.3	85.0	13.3
Negro Jamapa	100.0	93.3	6.7
Delicias 71	86.7	66.7	20.0
Agracejo	86.7	78.3	8.4
Selección # 4	83.3	23.3	60.0

También se observó en el cultivar *Negro Jamapa* la presencia de pigmentos de antocianinas después de exponer las semillas a la solución de cloro comercial y remojarlas en agua destilada, que podría explicar la baja tasa de crecimiento de micelio de *Pythium aphanidermatum* (Hall, 1991). Por otro lado, las cubiertas de las semillas de variedades susceptibles de frijol mostraron fracturas y cambios en la textura que podrían reducir el nivel de resistencia a la infección por el patógeno (Harman, 1983 y Nelson, 1987). Las testas de los cultivares resistentes «*Negro Jamapa*» y «*Azufrado*» no mostraron ninguna clase de daños.

Conclusiones

1. La técnica de inoculación de semillas de frijol sembradas en cajas de Petri fue efectiva para producir pudrición de semillas y de germinados y damping-off, por el patógeno *Pythium aphanidermatum*.

2. Negro Jamapa y Azufrado fueron más resistentes a la pudrición de semilla y *damping-off* que el resto de los cultivares de frijol infectados por *Pythium*.

3. La coloración de la semilla y una mayor velocidad de germinación parecen conferir mayor protección contra el hongo.

4. Se recomienda conducir más experimentos bajo condiciones de invernadero y campo usando otras concentraciones del inóculo para comparar las respuestas varietales en diferentes etapas de crecimiento.

Literatura citada

- ADEGBOLA, M.O.K. y D.J. Hagedorn. 1970. Host resistance and pathogen virulence in *Pythium* blight of bean. *Phytopathology* 60:1477-1479.
- BATES, G.D., C.S. Rothrock y J.C. Rupe. 2008. Resistance of the soybean cultivar Archer to *Pythium* damping-off and root rot caused by several *Pythium* spp. *Plant Disease* 92(5):763-766.
- BINAGWA, P.H., C.K. Bonsi y S.N. Msolla. 2016. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes for resistance to root rot disease caused by *Pythium aphanidermatum* and *Pythium splendens* under screen house conditions. *Journal of Natural Sciences Research* 6(6):36-43.
- HALL, R. 1991. Compendium of bean diseases. APS Press. The American Phytopathological Society. USA. 73 p.
- HARMAN, G.E. 1983. Mechanisms of seed infection and pathogenesis. *Phytopathology* 73(2):326-329.
- HENDRIX, F.F. y A. Campbell. 1973. *Pythium* as plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 11:77-98
- INGRAM, D.M. y R.J. COOK. 1990. Pathogenicity of four *Pythium* species to wheat, barley, peas, and lentils. *Plant Pathology* 39:110-117.
- KAGEYAMA, K. 2014. Molecular taxonomy and its application to ecological studies of *Pythium* species. *Journal of General Plant Pathology* 80:314-326.
- LOOKABAUGH, E.C., K.L. Ivors y B.B. Shew. 2015. Mefexonam sensitivity, aggressiveness and identification of *Pythium* species causing root rot on floriculture crops in North Carolina. *Plant Disease* 99(11):1551-1558.
- LUCAS, B. y P.D. Griffiths. 2004. Evaluation of common bean accessions for resistance to *Pythium ultimum*. *HortScience* 39(6):1193-1195.
- MITCHELL, D.J. y P.A. Rayside. 1986. Isolating, identifying, and producing inoculum of *Pythium* spp. In: *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens*. K.D. Hickey (ed.) APS. Press. The American Phytopathological Society. USA. 312 p.
- NELSON, E.B. 1987. Rapid germination of sporangia of *Pythium* species in response to volatiles from germinating seeds. *Phytopathology* 77(7):1108-1112.
- NZUNGIZE, J.R., F. Lyumugabe, J.P. Busogoro, y J.P. Baudoin. 2012. *Pythium* root rot of common beans: biology and control methods: A review. *Biotechnology Agronomy, Society and Environment* 16(3):405-413.
- PIECZARKA, D.J. y G.S. Abawl. 1978. Populations and biology of *Pythium* species associated with snap bean roots and soils in New York. *Phytopathology* 68:409-416.
- ROYLE, D.J. y C.J. Hickman. 1964. Analysis of factors governing *in vitro* accumulation of zoospores of *Pythium aphanidermatum* on roots. I. Behavior of zoospores. *Canadian Journal of Microbiology*, 10:151-162.
- SCHUELL, S.J., D.M. Sullivan, y W.F. Mahaffee. 2005. Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific Northwest compost sources. *Phytopathology*, 95(3):306-315.
- STANGHELLINI, M.E. y T.J. Burr. 1975. Effect of soil water potential on disease incidence and oospore germination of *Pythium aphanidermatum*. *Phytopathology*, 63:1496-1498.
- STASZ, T.E., G.E. Harman y G.A. Marx. 1980. Time and site of infection of resistant and susceptible germinating pea seeds by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 70(8):730-733.
- URREA, K., J. Rupe, P. Chen y C.S. Rothrock. 2017. Characterization of seed rot resistance to *Pythium aphanidermatum* in soybean. *Crop Science* 57:1394-1403.
- VALDÉS-RODRÍGUEZ, O. A., R. García-Espinoza, O. Sanchez-Sanchez y A. Perez-Vazquez. 2011. Aislamiento y patogenicidad de un posible *Pythium aphanidermatum* en *Jatropha curcas* L. no tóxica. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:649-660.
- WATANABE, T. y M. Yoshida. 1983. Quantitative assay of sporangia and zoospore Production by *Pythium aphanidermatum* with a soaking plain water agar culture method. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 49:137-142. ⑥

Este artículo es citado así:

Rivera-Figueroa, C. H., y S. Fernández-Pavía. 2017. Técnica de evaluación para *damping-off* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infectado por *Pythium aphanidermatum*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 11(2):41-47.

Resumen curricular del autor y coautores

CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA. Durante el periodo 1967-1971, cursó su licenciatura en la Escuela de Agronomía de la Universidad Autónoma de Chihuahua (hoy Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales) recibiendo, en el año de 1972, el título de Ingeniero Agrónomo. Realizó estudios de maestría en la Rama de Genética del Colegio de Posgraduados (COLPOS) y obtuvo en 1977 el grado de Maestría en Ciencias Especialidad Genética. En 1991 y 1998 obtuvo, respectivamente, los grados de Master of Science (Horticulture) y Doctor of Philosophy (orientación Genética y Fisiología de Cultivos), grados que le fueron otorgados por New Mexico State University. Ha sido profesor por 47 años, e investigador por 45 años, y ha trabajado para diversas Instituciones de Educación Superior del país (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Autónoma de Chapingo, Universidad Autónoma de Nuevo León y Universidad Autónoma de Chihuahua) y como asistente de investigador de New Mexico State University. Actualmente es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua y ocupa el cargo de Jefe del Departamento de Investigación, de la Dirección de Investigación y Posgrado de la misma Universidad, puesto que ha desempeñado por 13 años.

SYLVIA PATRICIA FERNÁNDEZ PAVÍA. Terminó su licenciatura en 1982, año en que le fue otorgado el título de Biólogo por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó su posgrado en el Estado de México donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Fitopatología en 1985 por el Colegio de Postgraduados (CP) y el grado de Doctor en Filosofía lo obtuvo en 1997, en Las Cruces, Nuevo México en el área Agronomía por la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU). Realizó dos estancias postdoctorales, una por NMSU y otra por la Universidad de Cornell. Laboró en el CP y en la Universidad de California Riverside. Desde 2001 labora en Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y posee la categoría de Profesor Investigador titular C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (candidato 1986-1989; Nivel I:2005-2015, Nivel II:2016-2019). Su área de especialización es el estudio de oomicetes y hongos fitopatógenos. Ha dirigido 25 tesis que incluyen de licenciatura, maestría y doctorado. Es autora de 65 artículos científicos y de divulgación, más de 100 ponencias en congresos, 1 libro y 3 capítulos de libro y ha dirigido 18 proyectos de investigación financiados por fuentes internas y externas. Es editor adjunto de la Revista Mexicana de Fitopatología y ha sido árbitro de revistas nacionales e internacionales. Actualmente es presidente de la Sociedad Mexicana de Fitopatología.

Peach seedling growth with mycorrhiza and vermicompost

Crecimiento de plántulas de durazno con micorrizas y vermicomposta

HORACIO ELISEO ALVARADO-RAYA^{1,2}

Recibido: Febrero 21, 2017

Aceptado: Marzo 3, 2017

Resumen

La esterilización de sustratos para vivero disminuye la población de microorganismos benéficos en el medio que rodea la raíz y puede resultar en un pobre crecimiento de la planta; la vermicomposta y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) podrían mejorar su desarrollo. El objetivo de este experimento fue analizar el efecto de la vermicomposta y la inoculación de HMA sobre el crecimiento inicial de plántulas de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch.] en sustrato esterilizado. Plántulas de durazno germinadas en perlita estéril fueron distribuidas en cuatro tratamientos resultado de la combinación de dos factores y dos niveles cada uno: con/sin vermicomposta en el sustrato y con/sin inoculación con HMA al momento del trasplante. Las plántulas se distribuyeron completamente al azar dentro de un invernadero de vidrio durante el estudio. La incorporación de vermicomposta al sustrato y la inoculación de HMA, así como su combinación, resultaron en un decremento de clorofila total ($p < 0.05$) a los 108 días después de plantación (DDP). Al final del experimento (180 DDP), la inoculación con HMA resultó en una colonización de raíces mayor al 70% de su longitud total, pero este efecto fue eclipsado por la vermicomposta. El peso seco de tallo y raíz y el diámetro de tallo fueron superiores ($p < 0.01$) con el uso de vermicomposta, pero la inoculación de HMA no tuvo efecto en estas variables. Se concluye que es más recomendable la vermicomposta que la inoculación con HMA para estimular el crecimiento de plántulas de durazno durante los primeros seis meses en sustrato esterilizado.

Palabras clave: *Prunus persica* (L.) Batsch, *Glomus* spp, fotosíntesis, fertilizante orgánico.

Abstract

Sterilization of nursery substrate materials decreases the beneficial microorganisms in the surrounding root media and may result in poor seedling growth; compost and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) may improve the plantlet development. This experiment aimed to analyze the effect of both AMF inoculation and vermicompost for the initial peach [*Prunus persica* (L.) Batsch.] seedling growth in sterilized substrate. Peach seedlings germinated in sterilized perlite were distributed into four resulting treatments from the combination of two factors and two levels each: with/without vermicompost in the growing media and with/without AMF inoculation at the transplanting time. Seedlings were arranged completely randomized inside a glasshouse throughout the study. Utilization of vermicompost in the growing media and AMF inoculation, and their combination, resulted in less total chlorophyll ($p < 0.05$) measured at 108 days after planting (DAP). At the end of the experiment (180 DAP), AMF inoculation resulted in root colonization greater than 70% of the total root length; however, this effect was eclipsed by adding vermicompost to the substrate. Root and shoot dry weights and also stem diameter were superior ($p < 0.01$) by adding vermicompost to the growing substrate, but AMF inoculation had no effect on these variables. It is concluded that vermicompost addition to the substrate is preferable to AMF inoculation in order to stimulate peach seedling growth during the initial six months in sterilized substrates.

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch, *Glomus* spp, photosynthesis, organic fertilizer.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO. Área de Biología. Departamento de Preparatoria Agrícola. C.P. 52630. Texcoco, Estado de México. México. 52 (595) 952-1500 Ext. 5289.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: horacio_alvarado@hotmail.com.

Introduction

Sterilization of growing substrates is a necessary activity in seedling greenhouse production to decrease soil borne diseases; however, this activity also could negatively impact plant growth and development in the nursery. Chemical fumigation by chloropicrin and methyl bromide, which is still used in some countries, causes stunting and poor growth in peach seedlings [*Prunus persica* (L.) Batsch.], which may be related to mineral deficiencies in plants (La Rue *et al.*, 1975; Lambert *et al.*, 1979).

Similarly, soils collected from peach nurseries and either autoclaved at 105 °C (40 min), formaldehyde-treated or exposed to ozone, yield stunted peach seedlings in pots (Bingye and Shengrui, 1998). In some cases, further analysis of treated substrates indicated that elimination of beneficial microorganisms, including mycorrhizal fungi, was the primary factor in sterilized soils to cause stunting and growth problems in peach seedlings (Lambert *et al.*, 1979).

After sterilization, soil replenishment with beneficial microorganisms like arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can be achieved by artificially inoculating the substrate. La Rue *et al.* (1975) found that after sterilization with methyl bromide, only mycorrhizal inoculation of the substrate can result in peach colonized roots. Similarly, micropropagated plantlets of peach grown in a sterilized peat-sand mix were able to bear colonized roots only when inoculated with the *Glomus* spp AMF during the early stage of acclimation, while non-inoculated plantlets showed no colonization (Rapparini *et al.*, 1994). In the lilaceous *Brodiaea laxa* 'Queen Fabiola', mycorrhizal inoculation following substrate pasteurization can increase root colonization by between 20% and 45% compared to the non-inoculated and pasteurized treatments (Scagel, 2004). In all these cases plant growth was significantly improved as a result of the fungal root colonization.

The effect of mycorrhizal inoculation in nursery substrates on plant growth and development has been studied in a broad sense. AMF inoculation to the substrate results in significantly higher levels of foliar zinc in peach

seedlings compared to non-inoculated plants (La Rue, 1975); however, this effect could not be observed by inoculating apple (*Malus pumila* Mill.) with AMF and no differences in any mineral foliar content could be observed between inoculated and non-inoculated plants three months after transplanting to the field (Plenchette *et al.*, 1981). In another experiment with *Brodiaea laxa* 'Queen Fabiola' grown in pasteurized substrates during the entire first growing cycle, AMF inoculation resulted in higher corm concentrations of nitrogen (N), potassium (K) and zinc (Zn), but not phosphorus (P) or sulfur (S) (Scagel, 2004). Mycorrhizal influence in plant growth has also been documented and the information includes significant increases in shoot height (La Rue *et al.*, 1975; Plenchette *et al.*, 1981; and Rapparini *et al.*, 1994), root volume (Plenchette *et al.*, 1981), stem diameter (La Rue *et al.*, 1975; Plenchette *et al.*, 1981) and leaf surface area and dry mass (Plenchette *et al.*, 1981).

Regarding compost or vermicompost, its interest as a nursery substrate is more recent than that of mycorrhizae; nevertheless, utilization of these materials as an option for sustainable and safer horticultural crops has increased rapidly in the last few decades. Most growing media is based on peat and mineral products; however, utilization of peat has led to discussions on the deleterious environmental effect that peat extraction can cause as peat bogs regenerate too slowly to support its extraction (Rivière *et al.*, 2008). Because of this concern, investigations are being conducted to find peat substitutes as suitable growing media, and compost or vermicompost are considered

one of the major candidates to replace peat in growing media mixtures (Lanzi *et al.*, 2009). Compost can increase cation exchange capacity (CEC), pH, electrical conductivity (EC), and mineral availability (N, P, K, Ca and Mg) in substrates, thus offering better characteristics to growing media than substrates based solely on peat, perlite and vermiculite, even though it may lower water-holding capacity (Moore, 2004). Vermicomposting, a process whereby organic residues are further broken down by earthworms, can improve the compost characteristics by making them more stable, reducing EC (Lazcano *et al.*, 2008) and increasing total N, available P, exchangeable K, Ca and Mg contents (Suthar and Singh, 2008).

Mycorrhizal inoculation is being used along with compost or vermicompost in order to improve plant mineral uptake and growth, and diverse effects have been found. AMF like *Glomus intraradices* can interact synergistically with high humic content composts and enhance onion plant growth (Linderman and Davis, 2001); however, in peach x almond hybrid rootstocks there is no synergistic effect for the mixture AMF-compost; in this case, adding compost to the growing media can even eclipse the enhancing effect of mycorrhizal inoculation on shoot dry weight and stem diameter (Estaún *et al.*, 1999). Similarly, AMF (*Glomus* spp.) applied along with 5 and 10 t ha⁻¹ of rice straw either composted or vermicomposted, resulted in no synergistic effect on sorghum plant growth (Hameeda *et al.*, 2007). Apparently, the raw material for compost or vermicompost, the composting process, the compost rate, the crop species and the AMF inoculum type and rate could together play an important role in the effect of AMF-compost/vermicompost mixtures on plant development. There is not enough information on the effect of the mixture AMF-vermicompost on peach seedling growth and this information could be important to make decisions about the plant management at nurseries. The objective of this research was to evaluate the effect of vermicompost and the AMF *Glomus* spp. on peach seedling growth on sterilized substrate during the first six months after germination.

Materials and methods

The experiment was performed in a glasshouse in central Mexico (19° 29' 05" LN; 98° 53' 11" LW; 2, 250 m a.s.l.). Temperatures inside the glasshouse fluctuated between 20 and 23 °C during the experiment.

Vermicompost was made with oat straw decomposed during the cultivation of the edible *Pleurotus* fungus. Earthworm *Eisenia foetida* was later added to the compost to stabilize the product. A mixture of the AMF *Glomus* spp. (*Glomus albidum* Walker & Rhodes, *Glomus diaphanum* Schennck & Smith, and *Glomus claroide* Morton & Walker) was used. This particular mixture was isolated in a sandy soil (pH 5.6) previously cultivated with bean in the state of Zacatecas (north-central Mexico). Inoculum consisted of sorghum-colonized roots with 68.6% colonization and 285 *Glomus* spores per 100 g of inoculum.

Peach seeds [*Prunus persica* (L.) Batsch] from a commercial nursery were treated with a solution of clorox 10% and distilled water, then chilled for 500 h at 4 °C in autoclaved sand. After chilling, seeds were moved into a glasshouse and germinated in autoclaved expanded perlite. After germination, 68 seedlings about 7.0 cm tall were transplanted. Half of the seedlings were transplanted into a growing media consisting of organic forest soil, sand and expanded perlite (1:1:1, v/v), while the remaining half of the seedlings were transplanted in a growing media consisting of vermicompost, organic forest soil, sand and expanded perlite (3:1:1:1, v/v). Except for vermicompost, all materials for growing media, seed chilling and germination were autoclaved at 1.4 kg cm⁻² for three hours prior to use. Each growing media (with and without vermicompost) was analyzed for chemical characteristics (Table 1). During transplanting, half of the seedlings from each growing media were inoculated with 10 g plant⁻¹ of the AMF *Glomus* spp. inoculum and the other half remained non-inoculated. Thus, the experiment consisted of four growing media treatments: no vermicompost with no AMF inoculation (control),

no vermicompost with AMF inoculation, vermicompost and no AMF inoculation, and vermicompost with AMF inoculation. Inoculation was done after the seedling was placed in the corresponding growing media by positioning the inoculum around the seedling root. Treatments were arranged inside the glasshouse in a completely randomized design. Experiment began with 17 replications per treatment; however, because of destructive samplings throughout the experiment, replications for treatments varied among sampling days.

Table 1. Chemical characteristics at the beginning of the trial for two tested growing media effects on peach seedling growth.

Factor	Growing Media ²	
	With Vermicompost	Without Vermicompost
pH	6.98	6.01
Electrical Conductivity (dS·m ⁻¹)	7.47	0.89
Organic Matter (%)	5.38	2.82
N (mg·kg ⁻¹)	70.00	42.00
P (mg·kg ⁻¹)	295.00	65.00
K (mg·kg ⁻¹)	1800.00	328.00
Ca(mg·kg ⁻¹)	5076.35	1215.54
Mg (mg·kg ⁻¹)	657.73	156.26
Fe (mg·kg ⁻¹)	27.56	42.37
Cu (mg·kg ⁻¹)	1.01	0.37
Zn (mg·kg ⁻¹)	8.87	1.57
Mn (mg·kg ⁻¹)	59.38	46.01

²Growing media with vermicompost was made of vermicompost, organic forest soil, sand and expanded perlite (3:1:1:1, v/v). Growing media without vermicompost was made of organic forest soil, sand and expanded perlite (1:1:1, v/v).

At 94 days after transplant (DAP), plant height, stem diameter and number of leaves per plant were determined on all seedlings of each treatment. At 108 DAP, chlorophyll content, CO₂ assimilation and stomatal conductance were determined from five random plants of each treatment. At the end of the experiment (180 DAP), plant height, stem diameter, root

colonization and leaf N, P and K concentration were determined from seven seedlings of each treatment. At this time, seedlings were separated into roots and shoots, dried to constant weight at 85 °C and dry weights determined. Leaves were sent to laboratory for mineral analysis. Foliar N, P and K were determined by micro-Kjeldahl method (Chapman and Pratt, 1973), wet digestion (Etchevers, 1987) and flame photometry (Model 410 Flame Photometer; Sherwood), respectively.

Collected peach roots at 180 DAP were cleaned from substrate and maintained in FAA (formaldehyde – acetic acid – ethanol). Root colonization was measured based on Phillips and Hayman (1970) procedure. Roots were treated with a solution of KOH 10% and heated in a pressurized oven at 7.03 kg cm⁻² for 10 minutes. Then, roots were rinsed and treated with HCl 10% for 15 min and added with trypan blue 0.05% in lactoglycerol and heated at 7.03 kg cm⁻² for 10 min. Roots were rinsed and observed through a microscope and colonization was estimated based on the number of root segments observed and those which were detected as colonized.

At 108 DAP two discs 3.46 cm² each were obtained from the seventh or eighth fully extended leaf from the apex in each seedling. Discs were placed into a flask with 5 mL acetone 80% and wrapped with aluminum foil until dark centrifugation with an Eppendorf 5415C centrifuge. Chlorophylls a and b were determined with a spectrophotometer Hewlett Packard 8453. In order to determine CO₂ assimilation and stomatal conductance, two fully expanded leaves from each replication were analyzed with a LI-COR LI6200 as a closed system and under full sun light (8:00 am throughout to 10:00 am).

Data was analyzed by the ANOVA procedure with the SAS program (SAS Institute Inc., Cary, NC. USA) under a 2x2 factorial model. In the event of mycorrhiza x vermicompost significant interaction, further analysis was done and the simple effects were detected. Means were separated by the Tukey test.

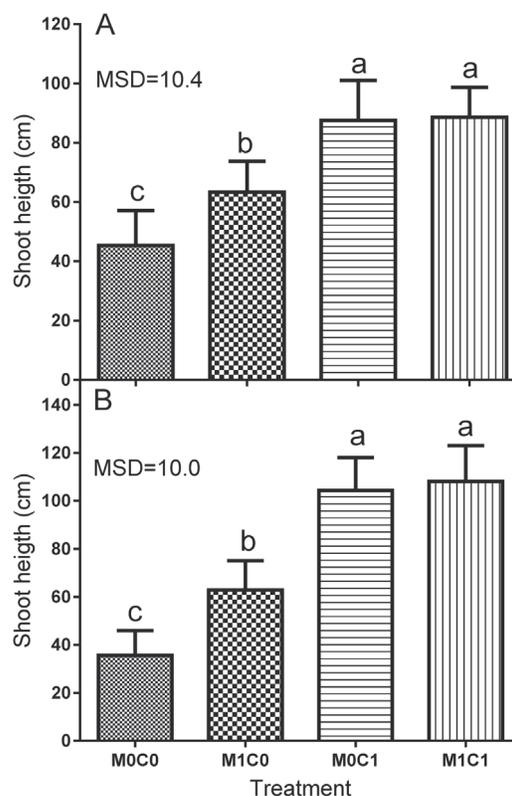
Results and discussion

Mycorrhizal inoculation and vermicompost had no significant interaction effects on half of the variables analyzed in this experiment. In the case of plant height, chlorophyll content, root AMF colonization and leaf N and P concentration, an interaction effect was observed between AMF inoculation and vermicompost ($p < 0.05$, 0.001, 0.0001 and 0.001, respectively). In this case, every combination from the levels of both factors was analyzed and compared to each other in order to make the most appropriate conclusions.

The effect of treatments on plant height observed at 94 DAP was still evident at 180 DAP, thus showing the consistency of the seedling response to AMF inoculation and vermicompost (Figure 1). In this case, the effect of mycorrhizal inoculation depended on the presence of vermicompost in the substrate as AMF inoculation resulted in statistically taller shoots only when plants growing in media without vermicompost are compared. When vermicompost was added to the growing media, shoot height almost doubled that in peach plants growing in media without vermicompost; however, AMF inoculation resulted in no statistical differences for shoot height when plants growing in media with vermicompost are compared.

Mycorrhizal inoculation has been found to enhance peach growth in substrates with low P and K but its effect disappears when plants are grown in compost media, which results in higher amounts of N and P in the substrate (Estaún *et al.*, 1999). Also, mycorrhizal inoculation improved peach seedling growth in autoclaved soils (Bingye and Shengrui, 1998). In this experiment, growing media without vermicompost was autoclaved before transplanting peach seedlings and some improvement of plant growth was expected as a result of AMF inoculation.

Figure 1. Shoot height of peach seedlings as affected by vermicompost addition to the growing substrate and AMF inoculation at transplanting time. A, 94 days after transplanting ($n = 17$); B, 180 days after transplanting ($n = 7$). M0C0, control; M1C0, AMF-inoculated in substrate without vermicompost; M0C1, non-AMF-inoculated in substrate with vermicompost; and M1C1 AMF-inoculated in substrate with vermicompost. Different letters in the date indicate statistical differences by Tukey Test ($\alpha = 0.05$).



When mycorrhizal plants are compared to nonmycorrhizal plants, no differences in stem diameter are detected. This is true for plants at 94 DAP (Figure 2) and also for plants at 180 DAP (Table 2); however, AMF inoculation did result in statistically more leaves per shoot (Figure 3) and statistically less chlorophylls concentration compared with control plants (Figure 4). It appears that more leaves in AMF inoculated plants although with less chlorophylls were just enough to stimulate shoot length but not diameter increases. Rapparini *et al.* (1994) reported significant increases in leaf fresh weight and internode length in AMF inoculated peach plants during the first year of growth compared with non-AMF inoculated plants.

Figure 2. Stem diameter of peach seedlings at 94 days after planting as affected by vermicompost addition to the growing substrate and AMF inoculation at transplanting time. Different letters in the factor indicate statistical differences by Tukey Test ($\alpha = 0.05$; $n = 14$).

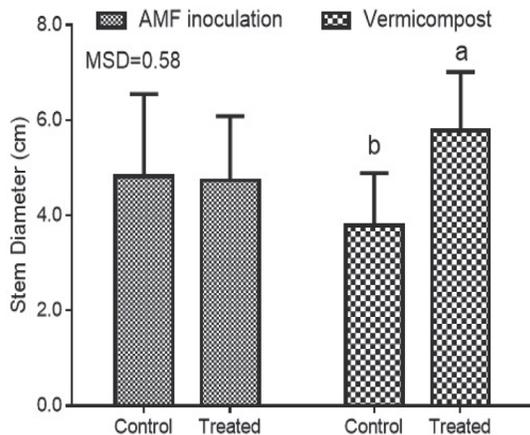


Table 2. Dry weights and stem diameter of peach seedlings as affected by AMF inoculation at transplanting and vermicompost addition to the growing substrate. Data at 180 days after transplanting is the mean ($n = 7$).

Factor	Level	Stem Diameter (cm)	Dry Weight (gr)		
			Shoot	Root	Root/Shoot
AMF inoculation	Control	5.36	12.21	7.07	0.53
	AMF inoculated	5.63	14.81	7.08	0.57
Vermicompost	Control	3.48	2.64	1.85	0.64
	Vermicompost	7.51	26.38	12.30	0.47

Analysis of Variance				
AMF inoculation (M)	ns	ns	ns	ns
Vermicompost (V)	**	**	**	**
MxV	ns	ns	ns	ns

ns, non-significant; and **, high significance ($p < 0.01$) by Tukey test.

Unlike AMF inoculation, vermicompost addition to the substrate resulted in highly significant differences in both stem diameter and leaves per shoot (Table 2; Figures 2 and 3). The main benefits from adding vermicompost to soils are the increase in organic matter, which improves soil biological activity, and soil physical characteristics including soil respiration, enzyme activity, nitrification rate, water infiltration, hydraulic conductivity and water holding capacity (Raviv, 2005) and finally resulting in better plant growth. In this experiment, AMF inoculation did not affect dry weights from shoot, root nor root

to shoot ratio (Table 2), meaning that the increase in leaves per shoot which resulted from AMF inoculation was not sufficient to alter shoot dry weight in these plants. On the other hand, when we compare peach plants grown in media with vermicompost with those grown in media without vermicompost, significant increases in shoot and root dry weights are observed. These increases ranged from 565% to 899% for root and shoot dry weights respectively and resulted in a significant decrease in root to shoot dry weight ratio for plants grown with vermicompost.

Figure 3. Number of leaves per shoot of peach seedlings at 94 days after planting as affected by vermicompost addition to the growing substrate and AMF inoculation at transplanting time. Different letters in the factor indicate statistical differences by Tukey ($\alpha = 0.05$). $n = 34$.

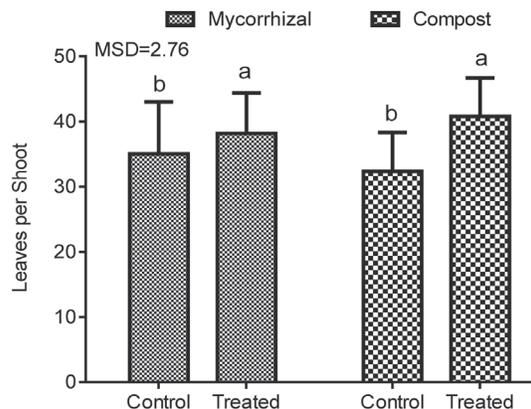


Figure 4. Root colonization by AMF (*Glomus* spp.) in peach seedlings as affected by vermicompost addition to the growing substrate and AMF inoculation at transplanting time. Data from plants after 180 days of transplanting. M0C0, control; M1C0, AMF-inoculated in substrate without vermicompost; M0C1, non-AMF-inoculated in substrate with vermicompost; and M1C1 AMF-inoculated in substrate with vermicompost. Different letters indicate statistical differences by Tukey ($\alpha = 0.05$). $n = 7$.

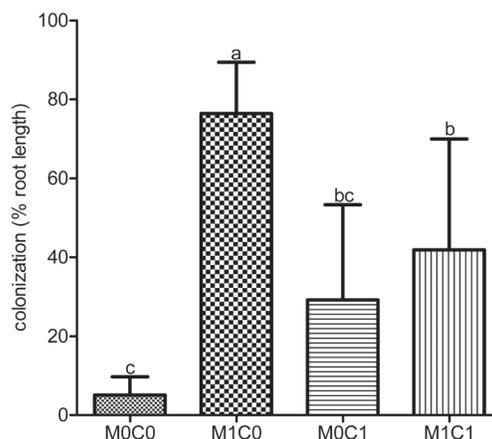


Table 3. Leaf element (N, P, and K) concentrations (dry weight basis) in peach seedlings grown in media either with or without vermicompost and either inoculated or not inoculated with the *Glomus* AM fungi. Data from plants after 180 days from germination/inoculation (n = 7).

	Mineral leaf concentration (%)		
	N ²	P	K
With vermicompost			
Non inoculated	2.19	0.26	3.08
AMF inoculated	2.11	0.24	3.00
Without vermicompost			
Non inoculated	2.17	0.16	2.33
AMF inoculated	1.68	0.32	2.28
Analysis of variance			
Mycorrhizae	**	*	Ns
Vermicompost	**	ns	**
Mycorrhizae x vermicompost	**	**	Ns

² N was determined by titration with H₂SO₄ (0.047N) after digestion with H₂SO₄ and distillation in NaOH (40%); P was measured with a spectrophotometer after wet digestion; and K was measured by flame spectrometry.

ns, non-significant; *, significant (p < 0.05); and **, high significance (p < 0.01) by Tukey test.

Previous research has shown a decrease in leaf N concentration in peach in response to mycorrhizal inoculation (La Rue *et al.*, 1975) and there is evidence that AMF inoculation does not promote N acquisition in some herbaceous perennial plants and can even suppress the plant acquisition for this mineral (Reynolds *et al.*, 2005). In this experiment, AMF inoculation showed significant effect on shoot height but not on dry matter distribution (Figure 1 and Table 2) meaning that growth of mycorrhizal peach seedlings was supported more by cell elongation and water than by assimilates including all N forms.

When plants grown in substrate without vermicompost are compared, mycorrhizal inoculation also had significant effect on leaf P concentration as AMF inoculated plants had higher leaf P concentration than non-AMF inoculated plants (Table 3). Mycorrhizal fungi are

known as symbiotic microorganisms which improve plant P uptake. Phosphorous is a low mobile mineral in the soil and depletes rapidly near the root system and the beneficial effect of mycorrhizal fungi on P plant uptake arises from the rapid growth of the extraradical mycelium beyond its depletion zone (Kaschuk *et al.*, 2009). Regarding K, mycorrhizal inoculation did not affect its leaf concentration. Previous works have shown that mycorrhizal inoculation may not affect the leaf concentration of this mineral neither in peach (La Rue *et al.*, 1975) nor in *Citrus tangerine* seedlings at moderate temperatures (Wu and Zou, 2010). The beneficial effect of the mycorrhizal inoculation on K uptake might be found when plants are grown under certain stress factors like temperature in citrus (Wu and Zou, 2010), salinity in tomato (Hajiboland *et al.*, 2010) and drought in *Arbutus unedo* (Navarro-García *et al.*, 2011). In this experiment, mineral status and salinity of the substrate, as well as temperature in the glasshouse and irrigation schedule were not stress factors; thus, peach seedlings might have absorbed K without limits.

In this experiment, vermicompost addition to the substrate resulted in significantly higher concentrations N and K in peach leaves but did not affect P leaf concentration. Other authors mention no effect of compost on peach N, P and K leaf concentrations during the first three years of growth (Baldi *et al.*, 2006). Also, other authors found a linear increase in foliar N and P as a result of increasing the rate of composted turkey litter in the substrate for potted *Cotoneaster* and *Hemerocallis*, but foliar K was not affected (Tyler *et al.*, 1993). Compost effect on plant depends upon its quality, which results from the material and process used during composting, thus meaning that compost quality may be too variable (Raviv, 2005).

Regarding root colonization, AMF inoculated plants growing in media without vermicompost resulted in 76% of the root colonized by the fungus after six months from inoculation (Figure 4). Previous reports had mentioned that peach is heavily colonized by the AMF *Glomus* spp.,

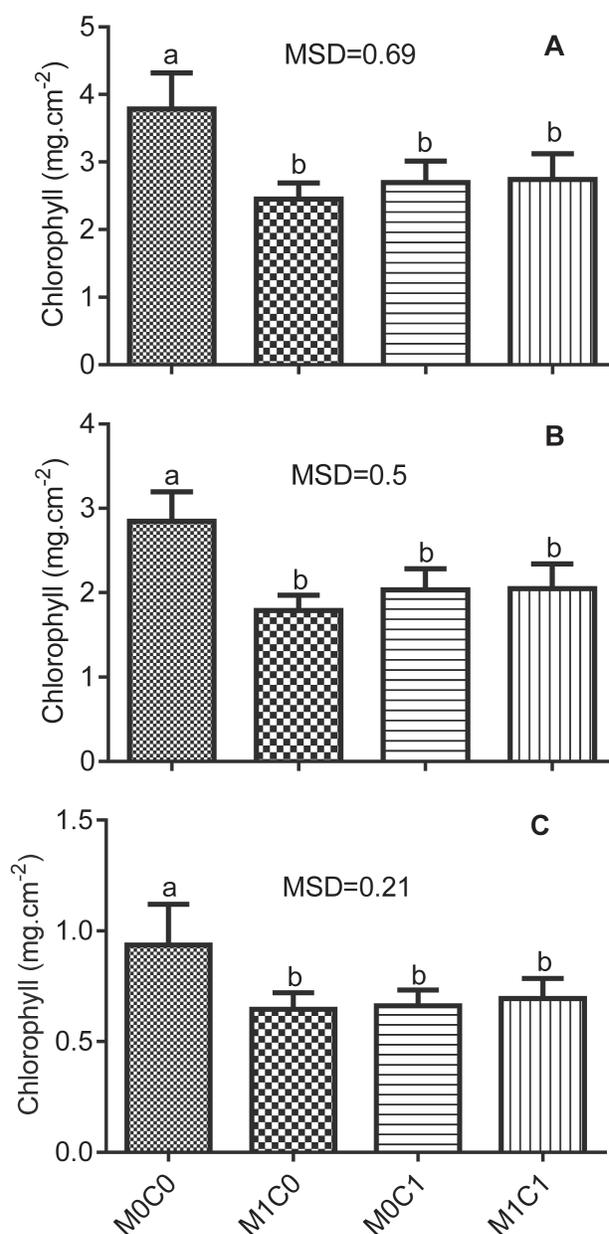
leading to root colonization from 60% to 71% depending on the peach genotype (Traquair and Berch, 1988). This high root colonization by *Glomus* spp. was also observed in seven-month-old peach plants growing in a sterilized peat-sand media (Rapparini *et al.*, 1994). Therefore, such high root colonization by the AMF was expected in this experiment with autoclaved substrates without vermicompost; however, when we compare inoculated plants growing in substrate with vermicompost to those inoculated plants growing in substrate without vermicompost, it can be observed that adding vermicompost to the substrate resulted in statistically lower root AMF colonization. Regarding this, some authors had found that high organic matter levels in substrates are less conducive to AMF colonization in peach (Morrison *et al.*, 1993; Estaún *et al.*, 1999). Non-inoculated plants with vermicompost also resulted in 29.2% of root colonized by the AM fungus which was expected as vermicompost was not autoclaved.

Control plants resulted in higher concentrations of both chlorophylls *a* and *b* and, consequently, with higher concentration of total chlorophyll (Figure 5).

These plants were always the shorter plants throughout the experiment (Figure 1) and had one of the higher N leaf contents (Table 2). Nitrogen is necessary for chlorophyll synthesis (Kaschuk *et al.*, 2009) and the higher nitrogen in those control plants could lead to higher chlorophyll synthesis; additionally, the more intensive growth in AMF inoculated plants and all those plants grown in substrate with vermicompost could result in a dilution effect of this pigment and less concentration per foliar area registered in the tallest plants.

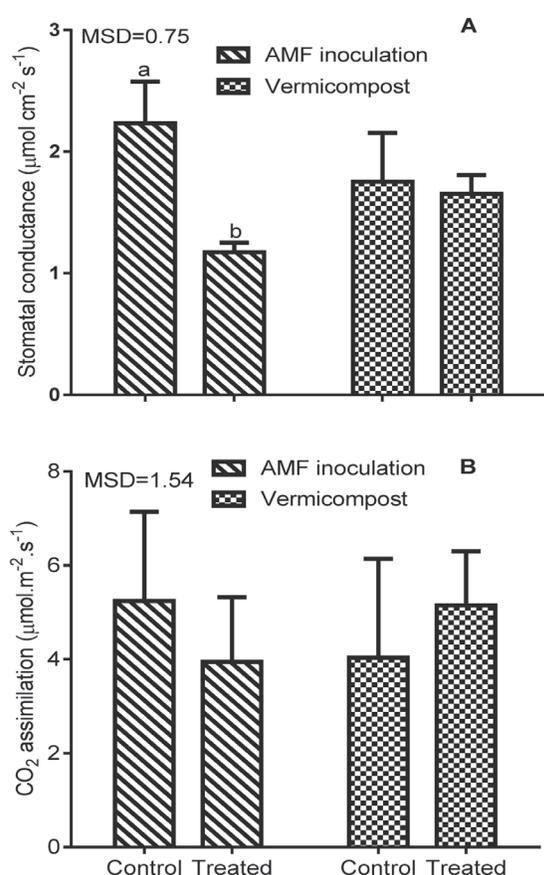
Intensive growth also results in more demand for carbohydrates as the sink strength increases and this can result in photosynthesis increases (Kaschuk *et al.*, 2009); however, in this experiment, the lesser concentrations of chlorophylls in those plants with more intensive growth compared with the control plants could eclipse this effect (Figure 6B).

Figure 5. Total chlorophyll (A), chlorophyll *a* (B), and chlorophyll *b* (C) contents in peach seedlings leaves as affected by vermicompost addition to the growing substrate and AMF inoculation at transplanting time. Data from plants after 108 days of transplanting. M0C0, control; M1C0, AMF-inoculated in substrate without vermicompost; M0C1, non-AMF-inoculated in substrate with vermicompost; and M1C1 AMF-inoculated in substrate with vermicompost. Different letters in the chlorophyll type indicate statistical differences by Tukey ($\alpha = 0.05$). $n = 5$.



Contrary to other reports which have found a positive effect of the AMF *Glomus* on stomatal conductance in plants like tomato (Hajiboland *et al.*, 2010) and chili (Manjarrez-Martínez *et al.*, 1999), in this experiment, AMF inoculated peach plants showed a lower stomatal conductance when compared with non-AMF inoculated ones (Figure 6A). Broadley *et al.* (2001) found that leaf limited N is related to lower stomatal conductance in lettuce. These authors explained this relation on the role that N may have in leaf cell osmosis as N may act, in NO_3^- form, as an osmolite or as a signaling molecule. Comparing mycorrhizal to non-mycorrhizal plants in this experiment, leaf N concentrations were statistically lower in mycorrhizal plants and these plants also had less chlorophyll and lower stomatal conductance.

Figure 6. Stomatal conductance (A) and photosynthesis rate (B) in peach seedlings as affected by vermicompost addition to the growing substrate and AMF inoculation at transplanting time. Data from plants after 108 days from transplanting. Different letters indicate statistical differences by Tukey test ($\alpha = 0.05$; $n = 5$).



Conclusions

Both, AMF inoculation at transplanting time and vermicompost addition to the growing substrate increased shoot height in peach seedlings grown under a glasshouse, but vermicompost effects were more evident than those from AMF inoculation. The number of leaves per shoot was also increased by both AMF inoculation and vermicompost; however, these treatments had no effects on plant photosynthesis. Nevertheless, vermicompost-grown plants had higher dry weights for shoot and root which was not observed in AMF-inoculated plants.

Vermicompost in the growing substrate negatively affected root colonization by the AM fungi and increased N and K leaf concentration in those inoculated plants; however, vermicompost could not increase the concentration of N and P in the absence of mycorrhizal fungi. Vermicompost also eclipsed the benefit from mycorrhizal fungi on P uptake.

In order to stimulate peach seedling growth in the nursery after sterilizing growing materials, vermicompost addition to the substrate appears more recommended than AMF inoculation; however, because of the high interactions between AMF-inoculation and vermicompost addition to the growing substrate on some important growth and physiological variables, it is highly recommended to study the causes of these interactions in genotypes different from the one used in this experiment.

Acknowledges

To Dr. Alejandro Alarcon and the Center for Soil Sciences at the Colegio de Posgraduados, Mexico, for advising this research regarding mycorrhizal colonization assessing and for providing the AMF inoculum. Also, to M.C. Claudio Pérez Mercado and the Fruit Crop Nutrition Laboratory at the Plant Science Department of the Universidad Autonoma Chapingo, for their collaboration in plant tissue analysis.

References

- BALDI, E., M. Toselli, G. Marcolini and B. Marangoni. 2006. Effect of mineral and organic fertilization on soil chemical, biological and physical fertility in a commercial peach orchard. *Acta Horticulturae* 721:55-62.
- BINGYE, X. and Y. Shengrui. 1998. Studies on replant problems of apple and peach. *Acta Horticulturae*, 477:83-88.
- BROADLEY, M.R.; Escobar-Gutierrez, A.J.; Burns, A. and Burns, I. G. 2001. Nitrogen-limited growth of lettuce is associated with lower stomatal conductance. *New Phytologist*, 152(1):97-106.
- CHAPMAN, H.D. and R.F. Pratt. 1973. Métodos de Análisis para suelos, plantas y aguas. *Ed. Trillas. México*. 195 pp.
- ETCHEVERS, J.D. 1987. Análisis Químico de Plantas. Aspectos Teóricos. Vol. 3. *Colegio de Posgraduados. México*. 597 pp.
- ESTAÚN, V., C. Calvet, A. Camprubi and J. Pinochet. 1999. Long-term effects of nursery starter substrate and AM inoculation of micropropagated peach x almond hybrid rootstock GF677. *Agronomie* 19(6):483-489.
- HAJIBOLAND, R., N. Aliasgharzadeh, S.F. Laiegh and C. Poschenrieder. 2010. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. *Plant and Soil*, 331(1):313-327
- HAMEEDA, B., G. Harini, O.P. Rupela, and G. Reddy. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. *African Journal of Biotechnology*, 6(1):9-12.
- KASCHUK, G., T.W. Kuyper, P.A. Leffelaar, M. Hungria and K.E. Giller. 2009. Are rates of photosynthesis stimulated by carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses? *Soil Biology and Biochemistry*, 41(6):1233-1244.
- LAMBERT, D.H., R.F. Stouffer and Jr. H. Cole. 1979. Stunting of peach seedlings following soil fumigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104(4):433-435.
- LANZI, A., L. Incrocci, R. Pulizzi, A. Pardossi and P. Marzalletti. 2009. Evaluation of some peat-alternative substrates in horticultural crops. *Acta Horticulturae*, 807:553-558.
- LA RUE, J.H.; Mc Clellan, W.D. and Peacock, W.L. 1975. Mycorrhizal fungi and peach nursery nutrition. *California Agriculture*, 29(5):6-7.
- LAZCANO, C., M. Gómez-Brandon and J. Domínguez. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*, 72(7):1013-1019.
- LINDERMAN, R.G. and E.A. Davis. 2001. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth response to soil amendment with composted grape pomace or its water extract. *HortTechnology*, 11(3):446-450
- MANJARREZ-MARTÍNEZ, M.J., R. Ferrera-Cerrato and M.C. González-Chávez. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra*, 17(1):9-15.
- MOORE, K.K. 2004. Growth of bedding plants in substrates amended with compost and fertilized with three different release rates of a controlled-release fertilizer product. *HortTechnology*, 14(4):474-478.
- MORRISON, S.J., P.A. Nicholl and P.R. Hikclenton. 1993. VA mycorrhizal inoculation of landscape trees and shrubs growing under high fertility conditions. *Journal of Environmental Horticulture*, 11:64-71.
- NAVARRO-GARCÍA, A., S.P. Bañón-Arias, A. Morte and M.J. Sánchez-Blanco. 2011. Effects of nursery preconditioning through mycorrhizal inoculation and drought in *Arbutus unedo* L. plants. *Mycorrhiza*, 21(1):53-64.
- PHILLIPS, J.M. and D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing root and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1):158-161.
- PLENCHETTE, C., V. Furlan and J.A. Fortin. 1981. Growth stimulation of apple trees in unsterilized soil under field conditions with VA mycorrhiza inoculation. *Journal of Botany*, 59(11):2003-2008.
- RAPPARINI, F., R. Baraldi, G. Bertazza, B. Branzati and S. Predieri. 1994. Vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation of micropropagated fruit trees. *Journal of Horticultural Science*, 69(6):1101-1109.
- RAVIV, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: a mini-review. *HortTechnology*, 15(1):52-57.
- REYNOLDS, H.L., A.E. Hartley, K.M. Vogelsang, J.D. Bever and P.A. Schultz. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi do not enhance nitrogen acquisition and growth of old-field perennials under low nitrogen supply in glasshouse culture. *New Phytologist*, 167(3):869-880.
- RIVIÈRE, L.M., P. Morel, J.C. Michel and S. Charpentier. 2008. Growing media in french horticulture. *Acta Horticulture*, 779:33-38.
- SCAGEL, C.F. 2004. Soil pasteurization and mycorrhizal inoculation alter flower production and corm composition of *Brodiaea laxa* 'Queen Fabiola'. *HortScience*, 39(6):1432-1437.
- SUTHAR, S. and S. Singh. 2008. Feasibility of vermicomposting in biostabilization of sludge from a distillery industry. *Science of the Total Environment*, 394(2-3):237-243.
- TRAQUAIR, J.A. and S.M. Berch. 1988. Colonization of peach rootstocks by indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(3):893-898.
- TYLER, H.H., S.L. Warren, T.E. Bilderback and K.B. Perry. 1993. Composted turkey litter: II. Effect on plant growth. *Journal of Environment Horticulture*, 11(3):137-141.
- WU, Q. S. and Y.N. Zou. 2010. Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. *Scientia Horticulture*, 125(3):289-293. 

Este artículo es citado así:

Alvarado-Raya H. E. 2017. Peach seedling growth with mycorrhiza and vermicompost. *TECNOCENCIA Chihuahua* 11(2):48-57.

Resumen curricular del autor

HORACIO ELISEO ALVARADO RAYA. Realizó sus estudios de licenciatura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (México), graduándose como Ingeniero Agrónomo en 1989. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias por el Departamento de Fruticultura del Colegio de Posgraduados (México) en 1997, donde realizó estudios sobre el efecto de promotores de floración en la salida de letargo y dimensiones del ovario en ciruelo japonés. Estudió la relación fuente-demanda en la floración y fructificación de frambuesa roja durante sus estudios de doctorado en el Departamento de Ciencias Hortícolas de la Universidad de Florida (EE. UU) y obtuvo el grado de Doctor por ese departamento en 2006. Realizó una estancia de investigación en el Departamento de Biosistemas e Ingeniería Agrícola de la Universidad de Kentucky (EE. UU) en 2014, durante la cual investigó factores para la emisión de Gases con Efecto Invernadero (GEI) a partir de compostas. Ha sido integrante del Sistema Nacional de Investigadores (Candidato de 2008 a 2012). Actualmente es profesor de Biología y Fruticultura en el Departamento de Preparatoria Agrícola y en la Carrera de Agrónomo en Horticultura Protegida de la Universidad Autónoma Chapingo. Realiza investigación en fisiología y fenología de frutales, producción orgánica y emisiones de GEI. Ha codirigido dos tesis de maestría y dirigido cinco tesis de licenciatura. Es autor y coautor de 12 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales y dos capítulos de libro.

Actividad física, ingesta alimentaria e indicadores antropométricos en estudiantes universitarios

Physical activity, food intake and anthropometry indicators in university students

LILIANA ARACELY ENRÍQUEZ-DEL CASTILLO¹, LIDIA GUILLERMINA DE LEÓN-FIERRO¹,
PABLO JORGE MARCOS-PARDO², ALEJANDRO MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ³, RAMÓN CANDIA-LUJÁN¹
Y CLAUDIA ESTHER CARRASCO-LEGLEU^{1,4}

Recibido: Julio 21, 2017

Aceptado: Noviembre 28, 2017

Resumen

Los estudiantes universitarios del área de la salud deben conocer hábitos de alimentación y actividad física (AF), con la intención de contribuir a la prevención de enfermedades crónico-degenerativas. El objetivo de la investigación, fue analizar indicadores antropométricos, hábitos alimentarios en estudiantes universitarios (área de salud) y su relación con el nivel de AF. Participaron 114 estudiantes, a los que se les aplicó un cuestionario de AF y alimentación, además de hacerles mediciones antropométricas. La muestra se conformó en subgrupos por género y nivel de AF. Se realizaron pruebas descriptivas y comparación de medias en los distintos grupos. La composición corporal mostró diferencias por género en talla ($p < 0.001$) e ICC ($p = 0.008$). Los varones realizan mayor nivel de AF en comparación con mujeres. Se encontró un porcentaje importante de estudiantes con sobrepeso y obesidad en ambos géneros (38.22%). En alimentación, ambos grupos reportan mayor consumo de fibra, colesterol, algunas vitaminas, minerales y un menor consumo de energía, carbohidratos, vitaminas y minerales en varones, independientemente de la AF realizada. Mujeres con AFB muestran significativamente menor ingesta de energía y carbohidratos que las de AFA; y los varones con vitamina A de igual forma. Los estudiantes presentaron sobrepeso u obesidad a pesar de la AF que realizan, además de hábitos alimentarios inadecuados en algunos macro y micro nutrientes en referencia a la ingesta diaria recomendada. Se sugiere tomar en cuenta la educación alimentaria, promoción de la AF, así como considerar otros posibles factores.

Palabras clave: nutrientes, actividad juvenil, obesidad, salud y género.

Abstract

University students in health area must know about food habits and physical activity, with the intention to provide information that contributes to promote wellness and prevent chronic diseases. The aim of the present study was to analyze the level of physical activity and food habits of university students and their relationship with anthropometric indicators. IPAQ questionnaire, 24h-food intake recording and basic anthropometry measurements were applied in a total of 114 Mexican students classified by gender and physical activity level. Descriptive statistic and comparison of means of study groups were done. Body composition showed differences by gender in height ($p < 0.001$) and ICC ($p = 0.008$). Males perform higher levels of physical activity compared to women. We found a considerable proportion of overweight and obese students in both genders (38.22%). In food, both groups reported a higher consumption of fiber, cholesterol, some vitamins and minerals, and a lower consumption of energy, carbohydrates, other vitamins and minerals in men, regardless of the physical activity performed. Women with low physical activity showed significantly lower energy and carbohydrate intake than those with high physical activity, as well as vitamin A in men. The population of students in the health area of this study is overweight or obese despite the physical activity that they perform, in addition to inadequate dietary habits in some macro and micronutrients in reference to the recommended daily intake. It is suggested to take into account food education, promotion of physical activity, as well as consider other possible factors.

Keywords: Nutrients, Youth activity, obesity, health and gender.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias de la Cultura Física. Circuito Universitario S/N. Fraccionamiento Campo Bello, C.P. 31124, Chihuahua, Chihuahua, México. Teléfono: (01 614) 158-9900 ext. 4639.

² UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SAN ANTONIO DE MURCIA (UCAM). Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Deporte. Av. de los Jerónimos, 135, 30107 Guadalupe, Murcia, España. Teléfono: (+34 968) 27-8800.

³ UNIVERSIDAD DE ALICANTE. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias. Carretera San Vicente del Raspeig, s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Alicante, España. Teléfono: (+34 965) 90-3400.

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

Introducción

El ser humano es capaz de tomar el control para lograr la calidad de vida que desea, así como encontrar un equilibrio constante (Troncoso y Amaya, 2009) en su vida a través de la práctica adecuada de la actividad física (AF) y un consumo adecuado de alimentos (Valdes-Badilla *et al.*, 2015).

A pesar de la divulgación de esta información, no se han tomado medidas necesarias relacionadas con el impacto a la salud, lo que desencadena diversas enfermedades incluidas en la problemática de salud pública mundial. Situación que se presenta primordialmente en poblaciones urbanas, pues parecen dirigirse hacia un mayor consumo de alimentos hipercalóricos con altas cantidades de grasas e hidratos de carbono y bajos en fibra, asociados a un nivel de vida con menor actividad física (Hall, 2009).

Existen diversos métodos para identificar el nivel de AF y los hábitos de alimentación de una población juvenil. Bárcena *et al.* (2006) y Montero *et al.* (2006) concuerdan metodológicamente en determinar por cuestionario, el nivel de AF con relación a la alimentación en alumnos de bachillerato y licenciatura. El primer autor demuestra que los hombres realizan mayor nivel de actividad física que las mujeres, y presentan una tendencia a consumir alimentos altos en grasa, sales y carbohidratos. Por su parte, Montero *et al.* (2006) encontraron que el colesterol en los grupos de estudio se encuentran al límite de lo recomendado, mientras que el consumo de fibra fue inferior; además, de las facultades del área de la salud evaluadas, se identificó que consumen en mayor proporción grasas y proteínas, y menos carbohidratos.

Mardones *et al.* (2009) indican que, con base en la composición corporal, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en universitarios alcanzó 48.2% en hombres y 25.5% en mujeres. En cuanto a la AF realizada de forma regular, se encontró 58% en varones y un 43% en mujeres. Hall *et al.* (2012) en una muestra de adultos, encontró una prevalencia de sobrepeso/

obesidad por encima del 80%, aun cuando la misma muestra evaluada reporta realizar principalmente actividad física de moderada a alta (74.6%). Cabe mencionar que la tendencia en cuanto a obesidad en adultos mexicanos sigue en aumento como en los últimos años (Barquera *et al.*, 2013), ya que se observa un mayor porcentaje de sobrepeso y obesidad que jóvenes con normopeso en ambos géneros que realizan baja AF, principalmente en mujeres.

Se ha dado a conocer que la falta de AF, es un factor de riesgo independiente en la aparición de enfermedades no transmisibles, sumado a una incorrecta alimentación, que puede generar deficiencias nutricionales conduciendo a enfermedades como trastornos del comportamiento alimentario (Martínez-Rodríguez, 2014) o déficits de alimentación, entre otras consecuencias (Rivera, 2006). En los casos de una alimentación excesiva que suele ser habitual en los últimos tiempos, ha desencadenado un sinnúmero de problemas como consecuencia de la obesidad, lo que lleva a un mayor riesgo de padecer enfermedades crónicas como las cardiovasculares (IOTF, 2006; Varela *et al.*, 2011), diversos tipos de cáncer, enfermedades del síndrome metabólico, enfermedades osteomusculares como la pérdida de densidad mineral ósea, entre otras. Se han asociado también con la disminución del estado de ánimo, apareciendo un incremento en los síntomas de depresión y cansancio, mayores niveles de estrés y ansiedad, entre otras afectaciones psicológicas (Castillo y Molina-García, 2009).

Debido a la alta incidencia de obesidad, un punto débil de la población en general, así como los hábitos de alimentación y las prácticas de AF reportadas no son las adecuadas. La AF se

mide como el resultado a nivel metabólico de un incremento en el gasto energético (Martínez-Rodríguez, 2014). Algunos ejemplos prácticos son las tareas que parten del movimiento corporal: caminar, realizar labores del hogar, subir escaleras, entre otros. También se mide por procedimientos exactos, pero por cuestiones de aplicación se han desarrollado métodos más habituales como cuestionarios -IPAC, GPAC- (Martínez *et al.*, 2009), pulsómetros, podómetros y acelerómetros, los cuales han sido validados, sin embargo, medir la AF no es una tarea fácil.

Se ha dado a conocer que la práctica de AF se puede estimar basándose en el consumo calórico semanal o en los equivalentes metabólicos (MET) gastados durante las actividades cotidianas o deportivas (Haskell *et al.*, 2007). Para generar un gasto favorable a la salud, se recomienda la práctica de 30 min constantes de AF al menos cinco días a la semana (Martínez *et al.*, 2008).

El ingreso a la universidad genera un cambio en de estilo de vida en jóvenes debido a las grandes cargas académicas, esto reduce el tiempo para realizar AF y tener una adecuada alimentación. Finalmente, y con el paso del tiempo, terminará en una vida sedentaria y con malos hábitos de alimentación en la edad adulta (Espinoza *et al.*, 2011). Es por ello que los universitarios son una población clave para la promoción de hábitos saludables (Sanchez-Ojeda y De Luna, 2015). La presente investigación tiene como objetivo analizar indicadores antropométricos y hábitos alimentarios de estudiantes universitarios del área de la salud, y su relación con el nivel de AF.

Material y métodos

El grupo de estudio para esta investigación fue seleccionado por conveniencia, participaron un total de 114 jóvenes universitarios del área de ciencias de la cultura física (área de la salud) pertenecientes a la Universidad Autónoma de Chihuahua, durante el periodo de enero-junio del 2015. Los criterios de inclusión fueron que los alumnos estuviesen debidamente inscritos en

la institución, con edades de 18 a 25 años y haber firmado el consentimiento informado previamente. Se excluyeron a mujeres en etapa gestacional, así como aquellos que estuvieran bajo tratamiento médico. Este estudio fue tipo descriptivo, correlacional, llevándose a cabo bajo el cumplimiento de las normas de la Declaración de Helsinki (Manzini, 2000). El nivel de AF se estimó mediante el cuestionario IPAQ en su versión corta en español (Martínez *et al.*, 2009); la confiabilidad (test re test con acelerómetros) fue de 0.8, analizado a través de correlación de Spearman (Craig *et al.*, 2003). El cuestionario se realizó a través de una entrevista guiada por personal calificado, el cual proporcionó información de los últimos siete días acerca del tiempo empleado al caminar (intensidad baja, 3.3 MET) y en actividades de intensidad moderada y alta (4 y 8 MET, respectivamente). Para la clasificación, se consideró la descripción de actividades reportadas por Ainsworth *et al.* (1993), tomando en cuenta los días y el tiempo dedicado a realizarlas (MET x días x min) y se identificó el gasto reportado en MET, por la práctica de AF.

Se clasificó a los sujetos en dos grupos por nivel de AF, así como por género. El primero (64 estudiantes), fueron aquellos que realizaron actividad física moderada-alta (AFA) y el segundo, lo conformaron estudiantes (n = 50) que practicaban actividad física baja (AFB). Los estudiantes que reportaron nula AF, se consideraron como sedentarios, siendo estos excluidos para la estadística descriptiva del valor de MET en la categoría de AFB. La estimación de la ingesta diaria se realizó mediante un recordatorio de 24 h, instrumento de medición recomendado por Ferrari (2013).

El análisis de la dieta, se llevó a través del programa Diet Balancer versión 1.4 (Nutridata Software®) para estimar el contenido nutrimental de la dieta, el cual fue comparado con las recomendaciones por grupo de edad y género; se tomó en cuenta la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) para adultos de 18 años en adelante, por la Academia Nacional de

Ciencias de EUA (Otten *et al.*, 2006; Ross *et al.*, 2011). Para definir incremento o disminución en la ingesta de los macro o micro nutrientes, se consideró 10% de diferencia respecto al IDR (Carbajal, 2003), y para determinar composición corporal se hicieron mediciones antropométricas básica y se midió el peso con una báscula digital (modelo 1631 Solar Scale, Tanita Corp, Tokio, Japón); la talla con un estadímetro (modelo 202, Seca Ltd., Birmingham, Reino Unido) y se determinó el IMC. Además, se realizaron medidas de circunferencias de cintura (C.Ci) y cadera (C.Ca) para determinar índice cintura-cadera (ICC) utilizando una cinta metálica marca Lufkin. Estas mediciones se llevaron a cabo por antropometristas con certificación de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés) (Stewart *et al.*, 2011). Para las categorías de IMC, se consideraron criterios establecidos por la OMS y la Norma Oficial Mexicana (GPC, 2011), donde: peso insuficiente < 18.5; peso adecuado, 18.5-24.9; sobrepeso, 25.0-29.9; obesidad, ≥ 30.0 (grado I, 30.0-34.9; grado II, 35.0-39.9; grado III, ≥ 40.0).

El análisis estadístico se realizó a través del software SPSS® (versión 18.0 IBM para Windows). Se realizó estadística descriptiva, prueba de distribución de la normalidad Kolmogorov-Smirnov y comparación de medias de los distintos grupos de estudio a través de la prueba t de Student para muestras independientes y prueba de Levene; así como los equivalentes en pruebas no paramétricas de los datos que no presentaron una distribución normal. Se fijó un nivel de significación de $p < 0.05$.

Resultados y discusión

Hombres vs mujeres. Dentro de la población de estudiantes, los resultados indican diferencias entre hombres y mujeres con relación a la talla ($p < 0.001$) e ICC ($p = 0.008$), no se encontraron diferencias en el resto de las variables de la composición corporal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características antropométricas generales por género.

	Mujeres (n = 68)		Varones (n = 46)	
	Media	DE	Media	DE
Edad (años)	20.24	± 1.50	20.74	± 1.84
Peso (kg)	65.00	± 14.11	70.31	± 17.58
Talla (cm)	162.96	± 9.18	170.13 ^a	± 9.02
IMC (kg/m ²)	24.69	± 4.86	24.21	± 4.94
C.Ci (cm)	76.34	± 9.87	79.64	± 11.85
C.Ca (cm)	100.60	± 13.54	97.91	± 9.71
ICC	0.75	± 0.07	0.8 ^a	± 0.07

DE: Desviación Estándar; IMC: Índice de Masa Corporal; C.Ci: Circunferencia de Cintura; C.Ca: Circunferencia de Cadera; ICC: Índice Cintura-Cadera. ^a Diferencia significativa con un valor de $p < 0.01$.

En cuanto a las medidas antropométricas diferenciadas por nivel de AF (Cuadro 2), en varones no se encontraron diferencias significativas a excepción de la talla ($p = 0.049$), donde los sujetos que realizan AFB mostraron mayor altura. En el grupo de mujeres con AFA, las diferencias se presentaron en mayor talla ($p = 0.001$) e ICC ($p = 0.008$) y menor circunferencia de cadera ($p = 0.024$). En el análisis por género, solo se encontraron diferencias en talla y MET/semana, donde los varones con AFB presentan mayor valor que las mujeres de AFB. Los varones con AFA presentaron mayor cantidad de ICC y MET/semana que las mujeres de la misma categoría.

Estado nutricional. A continuación en las Figuras 1 a la 4, se muestra la representación gráfica de los porcentajes de categoría de IMC por género y nivel de AF. Al realizar un análisis, se observó que 51.2% en mujeres y 41.6% en varones con AFB cuenta con algún tipo de sobrepeso u obesidad, y 43.6% y 50% respectivamente, presentan normopeso (Figuras 1-4).

Cuadro 2. Variables antropométricas y consumo de MET por nivel de AF y género.

Variable	Mujeres (n = 68)				Varones (n = 46)			
	AFB		AFA		AFB		AFA	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Peso (kg)	63.6	± 14.8	65.7	± 13.4	69.0	± 14.0	70.6	± 18.7
Talla (cm)	159.7	± 6.4	168.0 ^a	± 10.4	174.7 ^a	± 9.07	168.6	± 8.6
IMC (kg/m ²)	25.5	± 5.4	23.3	± 3.8	22.8	± 3.6	24.6	± 5.2
C.Ci (cm)	76.2	± 9.5	76.4	± 10.3	75.9	± 10.8	80.7	± 12.0
C.Ca (cm)	104.0	± 16.2	97.2 ^a	± 6.8	96.9	± 8.9	98.9	± 10.5
ICC	0.73	± 0.07	0.78 ^a	± 0.06	0.78	± 0.6	0.81 ^a	± 0.07
MET (por semana)	441.2	± 272.8	3094	± 1533.1	763.3 ^b	± 722.9	5135 ^c	± 2008.3

DE: Desviación Estándar; AFB: Actividad Física Baja; AFA: Actividad Física Alta; a: Diferencia significativa en mujeres y varones por nivel de Actividad Física; b: Diferencia significativa en Actividad Física Baja por género con p<0.05; c: Diferencia significativa en Actividad Física Alta por género con valor de p < 0.01.

Figura 1. Estado nutricional según IMC de las mujeres con nivel bajo de actividad física.

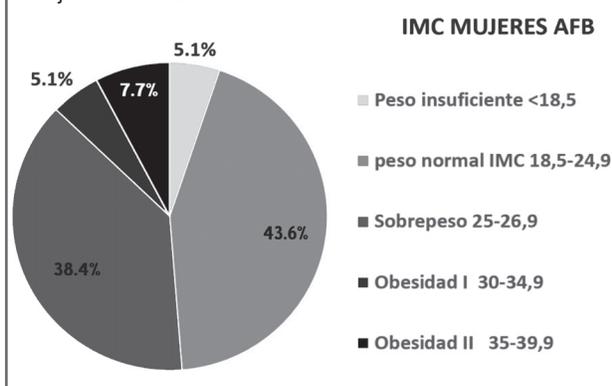


Figura 3. Estado nutricional según IMC en varones con nivel de actividad física bajo.

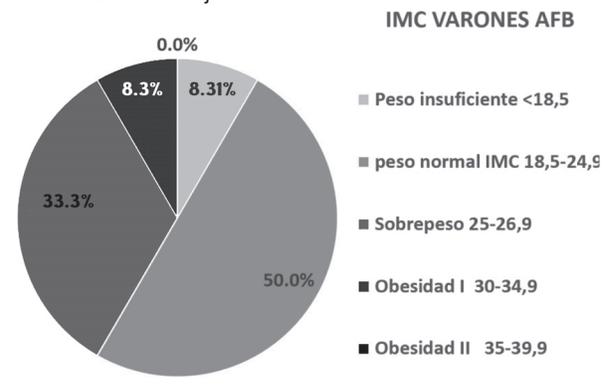


Figura 2. Estado nutricional según IMC de las mujeres con nivel alto de actividad física.

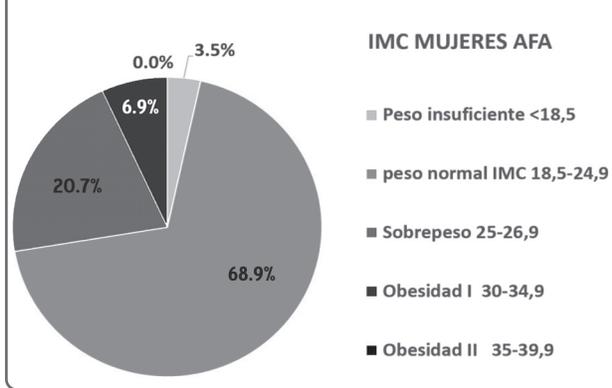
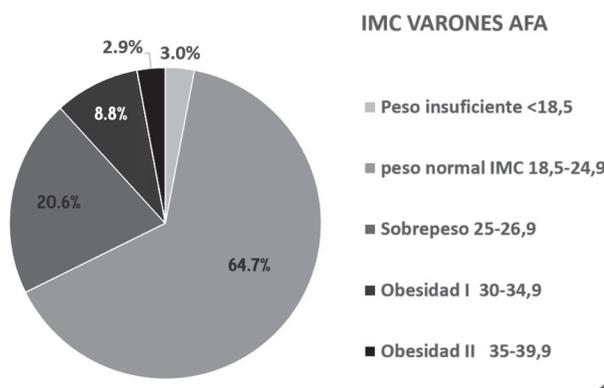


Figura 4. Estado nutricional según IMC en varones con un nivel de actividad física alto.



En los sujetos evaluados con AFA se encontró un menor porcentaje de sobrepeso y obesidad, en el caso de las mujeres un 27.6%, mientras que en los varones el porcentaje es de 29.4%, lo que sugiere que la actividad física funciona como regulador de peso.

Hábitos alimentarios. En el Cuadro 3 se muestran las dietas analizadas, donde los

valores de proteína, fibra, colesterol, vitamina C y E, tiamina, fósforo y magnesio, se encuentran por encima de lo recomendado en el grupo de mujeres, independientemente de la actividad física realizada; en menor proporción, vitamina A y B12, riboflavina, niacina, sodio, potasio y hierro en el mismo grupo.

Cuadro 3. Ingesta de macro y micro nutrientes de la población de estudio.

	Mujeres (n = 68)		IDR M/H	Hombres (n = 46)	
	AF BAJA (n = 39)	AF ALTA (n = 29)		AF BAJA (n = 11)	AF ALTA (n = 35)
Energía (Kcal)	1570.1* ± 622.1	2036.7 ± 543.1	1824/2512	1894.0 ± 941.6	2166.6 ± 556.6
Carbohidratos (g)	190.0* ± 81.2	228.4 ± 79.4	229/319	195.8 ± 97.2	228.0 ± 93.2
Grasa (g)	71.0 ± 58.6	75.7 ± 38.6	73/101	85.4 ± 67.6	107.3 ± 94.0
Proteínas (g)	112.7 ± 120.9	102.0 ± 78.8	66.5/99.0	168.5 ± 134.5	106.5 ± 92.1
Fibra (g)	16.3* ± 20.0	36.6 ± 26.8	11.6/15.6	29.6 ± 280.3	37.1 ± 21.9
Colesterol (mg)	1427.0 ± 36.5	919.0 ± 31.7	222/319	352.5 ± 32.5	728.5 ± 20.8
Vitamina A (µg)	457.1 ± 61.8	522.4 ± 50.2	700/900	356.7* ± 39.8	619.3 ± 71.4
Vitamina C (mg)	556.9 ± 90.9	610.3 ± 51.7	65/75	649.8 ± 50.0	630.7 ± 40.3
Vitamina E (mg)	98.9 ± 117.0	147.9 ± 112.9	15/15	126.1 ± 155.7	127.6 ± 106.0
Tiamina (mg)	4.6 ± 4.3	6.6 ± 5.6	1.38/1.92	9.1 ± 6.5	7.9 ± 4.5
Riboflavina (mg)	1.0 ± 0.6	1.3 ± 0.6	1.77/2.44	1.3 ± 0.9	1.4 ± 0.6
Niacina (mg)	13.1 ± 0.7	15.8 ± 0.9	18.4/25.1	14.6 ± 1.2	16.8 ± 0.8
Vitamina B6 (mg)	1.1 ± 0.8	1.5 ± 0.9	1.43/2.02	1.4 ± 0.8	1.7 ± 1.1
Vitamina B12 (µg)	1.4 ± 1.1	1.5 ± 0.8	3.91/5.50	1.5 ± 0.8	1.6 ± 0.9
Fósforo (µg)	6.5 ± 19.6	8.0 ± 20.6	1.25/1.25	3.0 ± 1.9	4.7 ± 4.4
Sodio (mg)	138.8 ± 121.6	196.0 ± 98.5	1500/1500)‡	205.4 ± 129.1	231.9 ± 123.6
Magnesio (mg)	620.9 ± 376.0	750.8 ± 454.7	360/410	759.5 ± 791.9	733.7 ± 462.6
Potasio (mg)	178.9 ± 114.3	222.2 ± 114.8	4700/4700‡	224.7 ± 123.4	210.2 ± 105.7
Hierro (mg)	1.8 ± 1.3	2.2 ± 1.2	(12.9/17.7)	2.3 ± 1.7	1.9 ± 1.0
Cinc (mg)	9.8 ± 7.0	12.9 ± 8.1	10.2/14.1	14.0 ± 9.6	11.8 ± 6.6

IDR: ingesta diaria recomendada, valores de referencia a partir de los 18 años obtenidos de la fuente: National Academy of Science, 2006, 2011; ‡ valores de ingesta adecuada. AF: Actividad física; *: p < 0.05.

En los varones, se encontró disminuida la ingesta de energía, carbohidratos, vitamina A, B6 y B12, así como riboflavina, niacina, sodio, potasio y hierro. En mayor consumo, en el mismo grupo, la fibra, vitamina C y E, tiamina, fósforo y magnesio, indistintamente del nivel de AF. En las mujeres que realizan AFB, se determinó un menor consumo de energía, carbohidratos y vitamina B6, mientras que las que realizan AFA, presentan un alto consumo de zinc; en los varones con el mismo tipo de actividad física se consume menos colesterol. Finalmente, los hombres con AFB, consumen 50% más proteínas de lo recomendado. Al realizar un análisis de diferencias entre grupos por nivel de actividad física, se encontraron valores disminuidos de energía, carbohidratos y fibra en las mujeres con AFB respecto a las de AFA. En cuanto a los micro nutrientes, se encontró que la vitamina A en los varones con AFB, presenta niveles menores respecto a varones con AFA ($p < 0.05$).

A partir de los principales resultados se ha podido describir en qué medida se realiza actividad física en una muestra de estudiantes universitarios mexicanos, así como dar a conocer el tipo de alimentación que llevan a cabo de manera regular. Un hallazgo importante, es que a pesar de que se encontró una proporción considerable que realiza AF alta, tanto en varones como en mujeres, se identificó mayor proporción de estudiantes con problemas de sobrepeso y obesidad, sin embargo, la clasificación con base en el peso fue determinada a través del IMC, situación que, en algunas ocasiones, no fue del todo confiable en personas que realizan AFA, pues suelen presentar un IMC superior ya que el peso parece ser elevado debido a un mayor porcentaje de masa corporal magra y esto lleva a una incorrecta clasificación de la población general (Kweitel, 2007); la alimentación, solo en el grupo de mujeres con AFB, tiene una menor ingesta de calorías, carbohidratos y fibra respecto a las de AFA, mientras que en el grupo de varones con AFB, reportan menor consumo de vitamina A respecto a los de AFA. En lo referente a las

mujeres con AFA, los resultados coinciden con los que se muestran en el artículo acerca de imagen corporal y actividad física de Silva-Filho *et al.* (2008), donde menciona que la práctica de actividad física disminuye la circunferencia de cadera a pesar de que las mujeres tienden a presentar un almacenamiento lipídico en la región inferior del cuerpo.

Se menciona que la tendencia de obesidad sigue aumentando en adultos en los últimos años (Barquera *et al.*, 2013), ya que se observa mayor porcentaje de sobrepeso y obesidad que en jóvenes con normopeso en ambos géneros que realizan baja AF, principalmente en mujeres. En estas, se presentaron valores de consumo de colesterol superiores a lo recomendado, se acompaña de un déficit de la AF realizada, generando riesgos para la salud (Estévez-López *et al.*, 2012). Asimismo, la relación de la ingesta reportada de tiamina y magnesio incrementada en todos los grupos según las IDR, podría ser debido a un alto consumo de alimentos como los cereales, panes fortificados, pescado, carnes magras, leche, ya que tienen un alto contenido de estos elementos.

En el estudio de Bárcena (2006), que se llevó a cabo con estudiantes de grado de licenciatura en la Universidad Autónoma de México (UNAM), 48% de los hombres realizaron AFA, mientras que en los participantes de este estudio, se encontró 76%. En mujeres, se tiene registro que 33% realiza AF alta en la UNAM y este estudio registró 42.6% de este mismo tipo de AF, sin embargo, es importante resaltar que las mujeres son las que realizan mayormente baja actividad física reportando 60%. En otro estudio realizado en la Universidad de Colima, donde evaluaron el nivel de actividad física de los estudiantes a través de cuestionario IPAQ, se reportó que 52.1% de los varones realiza AF alta; 41.7% AF moderada y 6.3% AF baja. Por lo que este grupo es más activo que nuestra población de varones evaluada, mientras que para el género femenino, se registró 28.9% vs 42.6% de este tipo de actividad en Chihuahua. Las estudiantes de la Universidad de Colima realizan principalmente AF moderada con 55.6% (Hall, 2013).

Haciendo comparaciones con estudiantes sudamericanos, Mardones *et al.* (2009) mencionan que son los varones chilenos quienes superan la práctica de AFA, ya que se observó 58% en hombres, en comparación con estudiantes mexicanos (54.6%), mientras que en mujeres chilenas, presentan 42% vs las mexicanas con 45.3%. Con relación a la clasificación de IMC, en un estudio en 2007 se reportó que en la UNAM, 58.9% de estudiantes presentaron peso normal (Moran *et al.*, 2007), mientras que en la Universidad de Colombia (Vargas-Zárate *et al.*, 2008) fue un 80%, y 79% en la Universidad de Chile (Aránguiz *et al.*, 2010).

En lo relacionado a la ingesta de fibra, Montero *et al.* (2006) reportaron en promedio un consumo de 15.7 g en estudiantes del área de la salud evaluados, lo que coincide con el presente estudio en el grupo de mujeres con AFB. En este mismo grupo, encontramos valores mayores de la IDR contrario a lo mencionado en la Universidad de Colombia. Otro estudio realizado en ese mismo país, del 2009 al 2011, señala una alta inactividad en las mujeres, y en el actual, se encontró que 14% son totalmente sedentarias, aun cuando este grupo no fue incluido en el análisis; se observó un considerable porcentaje de sobrepeso y obesidad (51.2%) en el grupo de AFB, situación alarmante en estudiantes del área de la salud. Cabe mencionar que hasta la fecha, no se han realizado estudios (Pavón y Moreno, 2009) donde se encuentren diferencias significativas de por qué realizan mayor actividad física los hombres, pues las causas suelen ser diversas (Elizondo *et al.*, 2005). En este sentido, se debe incidir de manera concreta en los alumnos que están integrados como agentes de educación para la salud, ya que es fundamental que adopten una adecuada alimentación y una práctica constante de AF, como un estilo de vida propio, ya que un abordaje de estos temas en el espacio universitario, es avanzar en la educación integral de los futuros profesionales de la salud. Se debería tomar el ejemplo de otros países en donde se decidió estimular la implementación de «universidades saludables» (Bayona-Marzo *et al.*, 2007), con el fin de influir positivamente sobre la salud y bienestar de los jóvenes, y así contribuir

al desarrollo de iniciativas semejantes en profesionales relacionados con la salud. Para lo cual, se debe tener en cuenta la alimentación y la práctica de AF de forma combinada, y no alguna de estas de formas aisladas (Montero *et al.*, 2014).

En México, actualmente se realizan campañas masivas para disminuir la obesidad (Barquera *et al.*, 2010), ya que es un problema que viene arraigado desde la infancia. No deja de ser importante que los profesionales del área y de la actividad física, contribuyan no solo con la educación, sino con el ejemplo, por ello, se debe hacer énfasis en mantener buenos hábitos, tanto de alimentación como de actividad física para lograr una adecuada calidad de vida. Entre las limitaciones de este estudio, se encuentra que la AF ha sido estimada mediante un cuestionario indirecto y no mediante calorimetría o algunas herramientas instrumentales como podómetro, pulsómetro o acelerómetro. Del mismo modo, también sería importante estudiar la educación a nivel dietético-nutricional de los estudiantes universitarios y, de este modo, establecer relaciones u obtener explicaciones que puedan aproximarse más a la realidad sobre cuál es la razón por la que consumen un determinado tipo de alimentos, además del momento de la ingesta o la situación socio-económica que podría ser otro de los factores influyentes en dichas elecciones.

Conclusiones

En esta investigación se encontró que los estudiantes, a pesar de tener conocimiento sobre la salud, no realizan AFA en su mayoría, y presentan hábitos de consumo inadecuado de macro y micro nutrientes. La composición corporal parece estar influenciada por la AF realizada de forma regular, ya que tanto los varones como las mujeres que la realizan, muestran menores porcentajes de sobrepeso y obesidad que el grupo de AFB. Sería aconsejable ampliar la promoción de la actividad física para conseguir que los estudiantes universitarios tengan un estado nutricional más saludable, e indagar otros posibles factores que estén interviniendo en el desbalance metabólico.

Agradecimientos

Este proyecto fue parcialmente financiado por la Universidad Autónoma de Chihuahua a través de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, dentro del Programa de Fortalecimiento Académico de Posgrado de Alta Calidad.

Literatura citada

- ARÁNGUIZ, A., G. García, D. Rojas, B. Salas, R. Martínez y K. Mac Millan. 2010. Estudio descriptivo, comparativo y correlacional del estado nutricional y condición cardiorrespiratoria en estudiantes universitarios de Chile. *Rev Chil Nutr* 27(1):70-78.
- AINSWORTH, B. E., W. L. Haskell, A. L. Leon, D. R. Jacobs, H. J. Montoye, J. F. Sallis and R. S. Paffenbarger. 1993. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:71-80.
- BARCENA, J. J. L., M. G. G. de Cossio Ortiz y M. C. R. Gutiérrez. 2006. Actividad física en estudiantes universitarios: prevalencia, características y tendencia. *Medicina Interna de México* 22(3):189-196.
- BARQUERA, S., I. Campos-Nonato, L. Hernández-Barrera, A. Pedroza y J. A. Rivera-Dommarco. 2013. Prevalencia de obesidad en adultos mexicanos, 2000-2012. *Salud Pública de México* 55(2):151-160.
- BARQUERA, S., I. Campos-Nonato, R. Rojas y J. Rivera-Dommarco. 2010. Obesidad en México: Epidemiología y políticas de salud para su control y prevención. *Gac Med Mex* 146:397-407.
- BAYONA-MARZO, I., F. Navas-Cámara, F. Fernández de Santiago, T. Mingo-Gómez, M. Fuente-Saenz y A. Cacho del Amo. 2007. Hábitos dietéticos en estudiantes de fisioterapia. *Nutr Hosp* 22(5):573-577.
- CARBAJAL, A. 2003. Ingestas recomendadas de energía y nutrientes. *Nutrición y dietética.* 27-44.
- CASTILLO, I. y J. Molina-García. 2009. Adiposidad corporal y bienestar psicológico: Efectos de la actividad física en universitarios de Valencia, España. *Rev Panam Salud Pública* 26(4):334-340.
- CRAIG, C. L., A. L. Marshall, M. Sjostrom, A. E. Bauman, M. L. Booth and B. E. Ainsworth. 2003. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35:1381-95.
- DA SILVA-FILHO L., A.C. Rabelo-Leitão Alethéa, R. L. Menezes Cabral y M. I. Knackfuss. 2008. Imagen Corporal, Actividad Física y Factores de Riesgo. *Rev Salud Pública* 10(4):550-560.
- ELIZONDO, J., F. Guillén e I. Aguinaga. 2005. Prevalencia de actividad física y su relación con variables sociodemográficas y estilos de vida en la población de 18 a 65 años de Pamplona. *Rev Esp Salud Pública* 79:559-67.
- ESPIÑOZA, O., R. Rodríguez, C. Gálvez y K. Mac Millan. 2001. Hábitos de alimentación y actividad física en estudiantes universitarios. *Rev Chil Nutr* 38(4):458-465.
- ESTÉVEZ-LÓPEZ, F., P. Tercedor y M. Delgado-Fernández. 2012. Recomendaciones de actividad física para adultos sanos. Revisión y situación actual. *J Sport Health Res* 4(3):233-244.
- FERRARI, M. 2013. Estimación de la ingesta por recordatorio de 24 horas. *Dietae Baires.* 31(143): 20-25.
- GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA PARA EL DIAGNÓSTICO, TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN EL ADULTO. 2011. México: Secretaría de Salud.
- HALL LÓPEZ, J. A., P. Y. Ochoa Martínez y E. I. Alarcón Meza. 2012. Actividad física, estado nutricional y obesidad abdominal en profesores del área de la cultura física. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/ International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport* 12(46):200-2020.
- HALL LÓPEZ, J. A., P. Y. Ochoa Martínez y J. J. Muñiz Murguía. 2013. Nivel de actividad física en estudiantes de la Universidad de Colima. *Revista de educación, motricidad e investigación* (2):1-6.
- HALL LÓPEZ, J. A., P. Y. Ochoa Martínez, P. Sáenz López Buñuel y L. R. Monreal Ortiz. 2009. Estudio comparativo del nivel de actividad física, estado nutricional y obesidad abdominal en profesores de educación física de la Universidad Autónoma de Sinaloa y la Universidad de Huelva. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación* (15):5-8.
- HASKELL, W. L., I. M. Lee, R.R. Pate, K. E. Powell, S. N. Blair y B.A. Franklin. 2007. La actividad física y la salud pública: recomendación actualizada para adultos del Colegio Americano de Medicina del Deporte y la Asociación Americana del Corazón. *Med Sci Sports Exercise* 39(8):1423-1434.
- IOTF-INTERNATIONAL OBESITY TASK FORCE. Estimated burden of pediatric obesity and comorbidities in Europe. 2006. The increase in the prevalence of child obesity in Europe is itself increasing. *Int J Pediatr Obes* 1:26-32.
- KWEITEL, S. 2007. IMC: Herramienta poco útil para determinar el peso ideal de un deportista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* 7(28):274-289.
- MANZINI, J. L. 2000. Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta Bioethica* 6(2):321-334.
- MARDONES, M. A., S. Olivares, J. Araneda y N. Gómez. 2009. Etapas del cambio relacionadas con el consumo de frutas y verduras, actividad física y control del peso en estudiantes universitarios chilenos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59(3):304-308.
- MARTÍNEZ GÓMEZ, D., V. Martínez-De-Haro, J. Del Campo, B. Zapatera, G. Welk, A. Villagra, A. Marcos y O. Veiga. 2009. Validez de cuatro cuestionarios para valorar la actividad física en estudiantes españoles. *Gaceta Sanitaria* 23(6):512-517.
- MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, A. 2014. Efectos de la dieta y práctica de deportes aeróbicos o anaeróbicos sobre los trastornos del comportamiento alimentario. *Nutr Hosp* 31(3):1240-1245.
- MARTINS BION, F., M. H. de Castro Chagas, G. D. Santana Muniz y L. G. Oliviera de Sousa. 2008. Estado nutricional, medidas antropométricas, nivel socioeconómico y actividad física en universitarios brasileños *Nutr Hosp* 23(3):234-241.
- MONTERO, B., M. Úbeda y G. A. García. 2006. Evaluación de los hábitos alimentarios de una población de estudiantes universitarios en relación a sus conocimientos nutricionales. *Nutr Hosp* 21(4):466-473.
- MONTERO, D., E. Roche y A. Martínez-Rodríguez. 2014. The impact of aerobic exercise training on arterial stiffness in pre- and hypertensive subjects: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiology* 173:361-368.
- MORÁN, I., V. Cruz y M. Iñárritu. 2007. El índice de masa corporal y la imagen corporal percibida como indicadores del estado nutricional en universitarios. *Rev Fac Med UNAM* 50(2):125-151.
- OTTEN, J. J., J. P. Hellwig, and L. D. Meyers. (Eds.). 2006. Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements. *National Academies Press.*
- PAVÓN, A. y J. A. Moreno. 2009. Actitud de los universitarios ante la práctica físico-deportiva: Diferencia por géneros *Rev Psicol Depor* 17(7):7-23.

- RIVERA BARRAGÁN, M. D. R. 2006. Hábitos alimentarios en estudiantes de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. *Rev Cubana Salud Pública* 32(3).
- ROSS, A. C., J. E. Manson, S. A. Abrams, J. F. Aloia, P. M. Brannon, S. K. Clinton,... and C. S. Kovacs. 2011. The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of Medicine: what clinicians need to know. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 96(1):53-58.
- SÁNCHEZ-OJEDA, MA. y E. De Luna Bertos. 2015. Hábitos de vida saludable en la población universitaria. *Nutr Hosp* 31(5):1910-1919.
- STEWART, A., M. Marfell-Jones, T. Olds and H. De Ridder. 2011. International standards for anthropometric assessment. New Zealand: *International Society for the advancement of kinanthropometry*.
- TRONCOSO, P. y O. Amaya. 2009. Factores sociales en las conductas alimentarias de estudiantes universitarios. *Rev Chil Nut* 36(4):1091-1097.
- VALDÉS-BADILLA, P., A. Godoy-Cumillaf, T. Herrera-Valenzuela and S. Durán-Agüero. 2015. The comparison between food habits and physical condition among physical education and other undergraduate students. *Nutr Hosp* 32(2):829-36.
- VARELA, M., C. Duarte, F. Salazar Lema y J. Tamayo. 2011. Actividad física y sedentarismo en jóvenes universitarios de Colombia: prácticas, motivos y recursos para realizarlos. *Colombia Med* 42(3):269-277.
- VARGAS-ZÁRATE, M., F. Becerra-Bulla y E. Prieto-Suarez. 2008. Evaluación antropométrica de estudiantes universitarios en Bogotá. *Rev Salud Pública* 10(3):433-442. 

Este artículo es citado así:

Enríquez-Del Castillo L. A., L. G. De León-Fierro, P. J. Marcos-Pardo, A. Martínez-Rodríguez, R. Candia-Luján y C. E. Carrasco-Legleu. 2017. Actividad física, ingesta alimentaria e indicadores antropométricos en estudiantes universitarios. *TECNOCENCIA Chihuahua* 11(2):58-68.

Resumen curricular del autor y coautores

LILIANA ARACELY ENRÍQUEZ DEL CASTILLO. Titulada como Doctora en Ciencias de la Cultura Física durante el año del 2017 del programa interinstitucional entre la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Universidad Autónoma de Chihuahua. En el año del 2015 realiza una estancia de investigación en la Universidad Católica de San Antonio de Murcia (UCAM) donde colabora con el grupo de investigación en Salud, Actividad Física, Fitness y Comportamiento Motor (GISAFFCOM). En el 2013 se titula como master en Psicomotricidad por la facultad de Ciencias de la Cultura Física, durante el año del 2012 realiza estancia de investigación en la Universidad del Estado de Nuevo México (NMSU) colaborando con el programa WAVE (Wellness, Alcohol and Violence Education) tratando temas involucrados al campo de la salud de la población universitaria. Posee el título de licenciada en educación física por la Universidad Autónoma de Chihuahua en el 2010. Antropometrista certificada por la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría (ISAK). Actualmente labora como docente en la Facultad de Ciencias de la Cultura Física. Participa activamente como colaboradora del CA-104 "Estilos de vida saludable y actividad física".

LIDIA GUILLERMINA DE LEÓN FIERRO. Médico Cirujano y Partero por la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Chihuahua desde 1983. Obtuvo el grado de Maestra en Ciencias del Deporte, Opción Biología en 1995, por la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte de la misma Universidad. Desde el 2010 es Doctora en Ciencias en Actividad Física y Salud por la Universidad de Granada, España. Del 2014 al 2015 realizó estudios de Posdoctorado en Ciencias Humanas, Eje Ambiente y Sociedad, avalados por la Universidad del Zulia, Venezuela. Desde 1992 labora en la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la UACH, institución donde realiza investigación en las áreas de antropometría y fisiología de la actividad física, específicamente el estudio del metabolismo energético de reposo y del ejercicio, perfil morfológico-antropométrico y actividad física en niños y adultos con enfermedades crónicas no transmisibles. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, desde 2012 (2012-2014; 2015-2018). Ha dirigido 3 tesis de doctorado, 28 de maestría y 3 de licenciatura. Es autora de diversos artículos en revistas indizadas y arbitradas, memorias, carteles y presentaciones orales en congresos nacionales e internacionales y conferencias por invitación. Es Antropometrista Criterio Internacional Nivel 4 de ISAK, Evaluadora de proyectos de CONACYT (RCEA), Coordinadora académica para la Red Euroamericana de Actividad Física, Educación y Salud (REAFES) y responsable del Cuerpo Académico UACH- 104 «Estilos de Vida Saludable y Actividad Física», Consolidado.UACH.

PABLO JORGE MARCOS PARDO. Graduado como Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica de Murcia. España. 2004. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. España. 2010. Realizó su Post-doctorado en Ejercicio y Salud en la Universidad de Heidelberg, Alemania; Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil; Universidad Autónoma de Baja California, México y en la Universidad Miguel Hernández de Elche, España. Máster Universitario en Actividades Acuáticas por la Universidad de Valencia. España. 2006. Máster Universitario en Fitness y Entrenamiento Personal por la Universidad de Alicante. España. 2007. Es Investigador Principal del Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física, Fitness y Comportamiento Motor (GISAFFCOM). Profesor de «Actividad Física y Salud», «Practicum en Reeduación Físico Deportiva» y de «Salud y Longevidad». En Universidad Católica de Murcia (UCAM), España. Profesor de Maestría y Doctorado de varias Universidades de España, México y Brasil. Es profesor Acreditado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte en las figuras de: Ayudante Doctor, Contratado Doctor y Profesor de Universidad Privada.

Resumen curricular del autor y coautores

ALEJANDRO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ. Doctor en el programa de doctorado de psicología de la salud. Máster universitario en rendimiento deportivo y salud. Máster universitario en formación de profesorado en eso, bachillerato formación profesional y escuela oficial de idiomas. Máster en formación en alto rendimiento deportivo. Título de experto universitario en competencias y habilidades profesionales. Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Graduado en Nutrición Humana y Dietética. Autor de varios artículos publicados en revistas nacionales e internacionales, dentro del ámbito de las ciencias de la actividad física y el deporte principalmente, así como relacionadas con el campo de la psicología y la nutrición. Participación en 1 proyecto europeo y varios proyectos nacionales en relación con la actividad física. Actualmente profesor ayudante doctor en el departamento de química analítica, nutrición y bromatología, de la universidad de alicante (España). Miembro de varios proyectos de investigación y docencia en relación con nutrición y deporte.

RAMÓN CANDIA LUJÁN. Licenciado en Educación Física por la Universidad Autónoma de Chihuahua, egresado de la primera generación de maestros en ciencias del deporte; opción biología de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte por la Universidad de León, España. Docente de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma de Chihuahua desde 1992 a la fecha. Ha participado como ponente en diversos congresos y dirigido tesis de licenciatura y maestría. Autor y co-autor de varios artículos en revistas indizadas y arbitradas.

CLAUDIA ESTHER CARRASCO LEGLEU. Realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la Universidad de Sonora (UNISON), obteniendo en 1996 el título de Químico Biólogo con especialidad en Análisis Clínicos. En el año 1998 le fue otorgado el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Biología Celular, y en 2003 su Doctorado en Ciencias, con la misma especialidad, ambos grados conferidos por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN) con sede en la ciudad de México, D.F. Desde el año 2007 trabaja como maestra de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la UACH, institución donde realiza investigación enfocada en el área de la actividad física, estrés oxidativo y salud, participando en el cuerpo académico CA-104 «Estilos de vida saludable y actividad física» que se encuentra en nivel Consolidado.

Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" para canales trapezoidales con presencia de sedimento ($\emptyset = 0.05$ mm)

Calculation of the roughness coefficient "n" for trapezoidal channels with sediment presence ($\emptyset = 0.05$ mm)

DIEGO MEJÍA¹ Y HOLGER BENAVIDES-MUÑOZ^{1,2}

Recibido: Julio 25, 2017

Aceptado: Septiembre 15, 2017

Resumen

En conducciones naturales y canales artificiales, es frecuente encontrar que la característica física del agua trasegada se vea alterada por la presencia de sedimento en el flujo; el depósito de dichas partículas sobre el fondo y paredes de la conducción, provoca que se modifique el valor de rugosidad del perímetro mojado. Determinar la velocidad o caudal de estos flujos con ecuaciones empíricas como la de Chezy-Manning, requiere considerar cambios físicos al momento de calcular el coeficiente de rugosidad «n» de la sección transversal del cauce. El objetivo fue calcular el coeficiente de rugosidad en un canal con presencia de sedimento. El trabajo fue realizado en el canal trapezoidal del laboratorio hidráulico, campus Universidad Nacional de Loja; se dividió en tres secciones; la primera, sin sedimento (inicio); la segunda, con sedimento (parte media) y una de control, mediante vertedero de 90° (parte final). Se aplicaron dos metodologías: i) el coeficiente de rugosidad ponderado, aplicando la ecuación de Horton-Einsten y ii) método gráfico, con la relación entre función $\phi(R/k)$ y el valor del diámetro de las partículas (k). Se determinó que n se puede expresar en función del diámetro de partículas de sedimento. Con el nuevo valor de n en las ecuaciones de Manning, los valores de velocidad y caudal fueron más cercanos a los medidos con el correntómetro.

Palabras clave: cfd, caudal, coeficiente de rugosidad ponderado y sedimento.

Abstract

In natural conduits and in artificial channels, it is common to find that the physical characteristic of the extracted water is altered by the presence of sediment in the flow, the deposit of said particles on the bottom and walls of the conduction causes that the value of the Wet perimeter roughness would be modified. For to calculate the velocity or flow rate of such flows with empirical equations such as Chezy-Manning requires that this physical change would be considered when the roughness coefficient n of the cross-section of the channel would be calculated. The present study had as objective to calculate the roughness coefficient in a channel with presence of sediment. The work was done in the trapezoidal channel of the hydraulic laboratory of the campus of the National University of Loja. It was divided into 3 sections, one without sediment (beginning), the second with presence of sediment (middle part) and a control section through a 90° weir (final part). For them, two methodologies were applied: i) the roughness coefficient weighted with the equation of Horton-Einsten and ii) the graphical method with the relation between the function $\phi(R / k)$ and the value of the diameter of the particles (k). As a result it was determined that, the roughness coefficient can be expressed as a function of the diameter of the sediment particles. With the new value of n in the Manning equations, the velocity and flow values were closer to those measured with the current meter.

Keywords: cfd, water discharge, weighted roughness coefficient and sediment.

¹ UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA (UTPL) Loja-Ecuador. San Cayetano Alto, Calle París, Loja, Ecuador. Teléfono: (+00) 593-992-679723.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: hmbenavides@utpl.edu.ec.

Introducción

El cambio de uso de suelo de bosque a pastizal en una cuenca hidrográfica, provoca la disminución de cobertura vegetal, factor importante en la regulación de procesos lluvia-escorrentía (Viramontes-Olivas *et al.*, 2012; Delgado *et al.*, 2013; Crespo *et al.*, 2014), esta disminución hace que los procesos erosivos aumenten drásticamente (Alatorre, 2010); aunque no sean las únicas condiciones para la generación de sedimentos (Unesco, 2010; Bustamante y Alvarez, 2011).

La pérdida de materia orgánica de las capas superficiales del suelo, los movimientos en masas, desprendimientos y deslizamientos, son eventos erosivos productores de sedimento (Basile *et al.*, 2005). Además, la erosión depende del tipo y uso que se dé al suelo (Álvarez *et al.*, 2007). Otros factores que influyen son la precipitación y temperatura (Ochoa *et al.*, 2016). La precipitación es la principal fuente de ingreso de agua a una cuenca hidrográfica (Tarboton, 2003). La variabilidad, tanto espacial como temporal, tiene una relación directa en la generación de procesos erosivos (Caballero *et al.*, 2012) en sitios donde las precipitaciones son de baja intensidad y los procesos erosivos son casi nulos, a diferencia de lugares donde las intensidades de precipitación son altas (Unesco, 2010).

La cobertura vegetal, dependiendo de su densidad y estrato, ayuda a reducir la erosión (Silveira *et al.*, 2006), actúa como una barrera protectora y, cuando no existe vegetación, las gotas de lluvia chocan directamente contra el suelo, haciendo que los procesos erosivos aumenten (Morgan, 2005). García-Chevesich (2008) determinó que el impacto de las gotas al suelo desde la copa de los árboles de gran altura (mayor a siete metros), puede generar hasta tres veces más erosión que aquella que pudiese provocar una lluvia en un suelo desnudo.

El mayor impacto del sedimento se da en lugares donde existen obras civiles que se usan

para aprovechamiento del recurso hídrico, como captaciones para agua potable, riego o presas para generación de energía eléctrica (Meneses, 2005). El sedimento, conformado principalmente por sólidos suspendidos, es transportado continuamente por ríos, mientras que el sedimento de arrastre o de fondo de cauce, se da únicamente en presencia de eventos fuertes de precipitación (García & Montoya, 2006).

La calidad del agua de un río se ve fuertemente afectada por la presencia de sedimento (Samaniego, 2009). La producción de sedimentos ha sido subestimada en varios proyectos donde se construyen obras civiles, obligando a disminuir la vida útil de estos; de igual forma, se limita la capacidad de almacenamiento (Victoria, 1999). Ejemplo de este caso, es la presa o reservorio de Poechos (Perú), el reservorio fue diseñado para un volumen de 531 Mm³ de agua y uno adicional de aproximadamente 354 Mm³ para sedimentos, el cual, en función de varias proyecciones debería llenarse en 50 años. En 2012, se realizó una nueva batimetría del reservorio, determinando un volumen de 473.6 Mm³ de sedimentos, disminuyendo la cantidad útil de almacenamiento de agua a 396.1 Mm³, con un promedio de sedimentación de 12.8 Mm³/año (Junes, 2012).

La acumulación de sedimento en el paramento aguas arriba de un vertedero o dique, afecta su eficiencia hidráulica (Fahmy, 2015).

Determinar las variables como velocidad y caudal en estas condiciones, se ve sujeta a utilizar ecuaciones universales como la de Manning (Noarayanan *et al.*, 2012; Osíos *et al.*, 2012). De esta ecuación, el área, perímetro mojado, radio hidráulico y pendiente, son fáciles de valorar. El parámetro que crea dificultades para su estimación, es el coeficiente de rugosidad «n». Este coeficiente se puede estimar utilizando varias metodologías como la del Ex - Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (S.C.S.) (Chow, 1982). Además, existen tablas pre establecidas en función de la experiencia de investigadores de donde se puede extraer el valor «n» (Ahmad *et al.*, 2017 y Osíos *et al.*, 2012).

En canales tanto naturales como artificiales a lo largo del perímetro de la sección transversal, existen varios materiales, cada uno de ellos, con diferentes valores de coeficientes de rugosidad (Ponce, 2015), a fin de obtener un solo valor de «n» que proporcione un efecto hidráulico equivalente dentro de la ecuación de Manning, calculándose un coeficiente de rugosidad ponderado o compuesto. Varios investigadores han creado ecuaciones para su cálculo, como por ejemplo: Lotter (1930), Horton-Einsten (1934), Felkel (1960), Krishnamurthy and Christensen Method (KCM) (1970), Cox (1970), Método del Distrito del U.S Army Corps of Engineers (1973), Yen (1990-1992), entre otros (Lopez, 2002; Mahapatra *et al.*, 2016; Noarayanan *et al.*, 2012).

Materiales y métodos

Para alcanzar el objetivo de la presente investigación, se realizó un modelo físico para calcular el coeficiente de rugosidad en un canal trapezoidal con presencia de sedimento. Para ello, se colocó una capa de sedimento de diámetro igual a 0.05 mm a lo largo de dos metros del canal; las velocidades fueron determinadas mediante un correntómetro electrónico de hélice y con la ecuación de

continuidad se determinaron los caudales. Empíricamente, tanto la velocidad como el caudal fueron calculados con las ecuaciones de Manning. El coeficiente de rugosidad necesario en estas ecuaciones y acorde a la investigación, por presencia de sedimento se empleó el valor del coeficiente de rugosidad ponderado de Horton-Einsten (Acosta y Jerson, 2016), y mediante un proceso analítico-gráfico entre la función $\varphi(R/k)$ y el valor del diámetro de las partículas (k) (Castillo *et al.*, 2009; Osíos *et al.*, 2012). Una descripción del canal hidráulico de campo que se utilizó para el trabajo experimental y la metodología empleada en la presente investigación se describen más a detalle en las siguientes líneas.

Trabajo experimental. Para el desarrollo de la presente investigación, se utilizó el prototipo del canal hidráulico de campo de la Universidad Nacional de Loja (UNL), universidad que se encuentra en la parte sur de la ciudad de Loja (Ecuador), cuyas coordenadas UTM son E699715 - N 9555473 a 2160 msnm y un área de 400 m² (Figura 1).

Características del canal hidráulico de campo. El prototipo del canal hidráulico de campo es de hormigón armado, posee varios componentes hidráulicos como vertedero Fayaum, canales Parshall y canales con paredes de diferentes rugosidades. Además, posee un canal trapezoidal con una longitud de ocho metros, el cual fue utilizado para la fase experimental de este trabajo.

Con el fin de tener una mejor precisión en la medición del caudal al final del canal, se colocó un vertedero de pared delgada de sección triangular de 90°, prefabricado de madera recubierto con melanina (Figura 2). Las características del vertedero V-Notch 90° se indican en la Figura 3. Para la ejecución del trabajo se dividió al canal en tres secciones, i) cresta del vertedero en presencia de sedimento (VERT_C_S), ii) zona con sedimento (C_S), y iii) zona sin sedimento (S_S) (Figura 4).

Figura 1. Ubicación cartográfica del prototipo con el canal hidráulico.

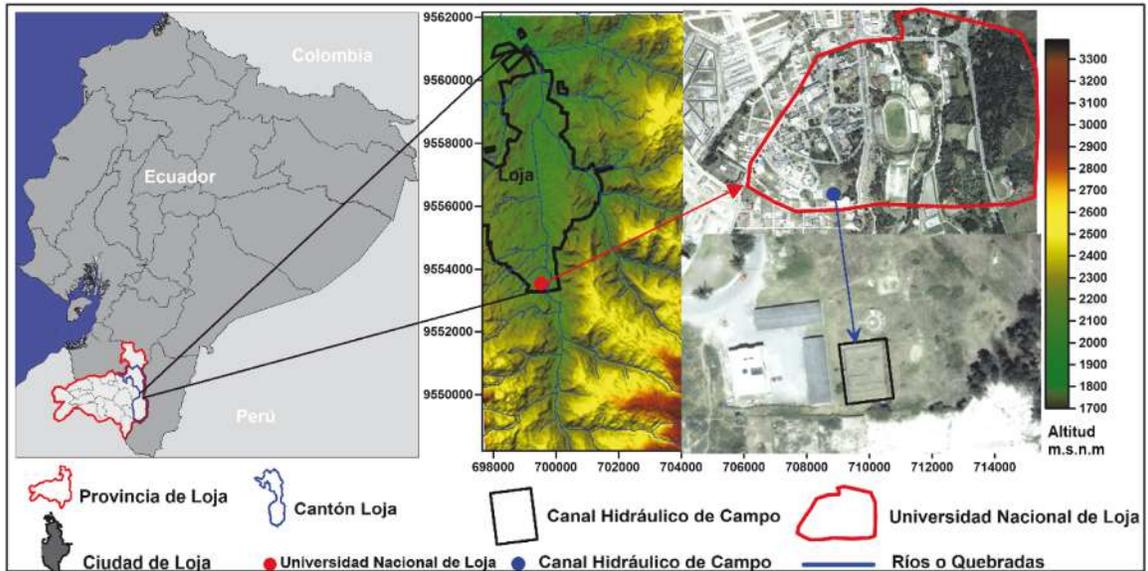
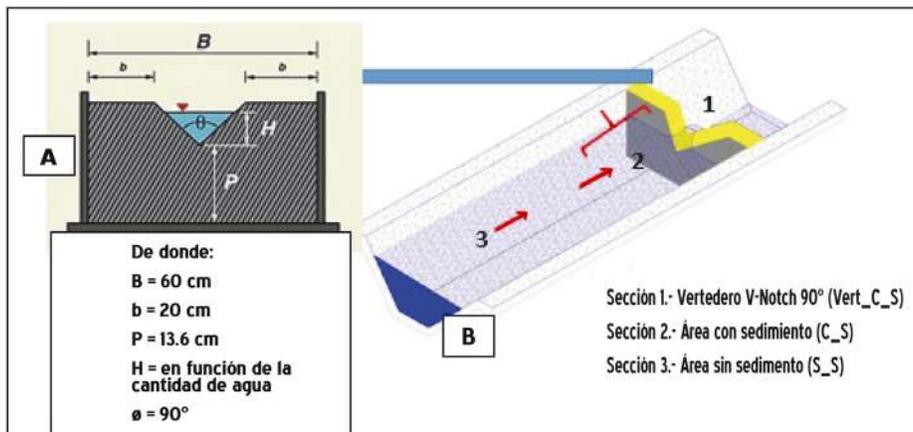


Figura 2. Prototipo del canal trapezoidal que se utilizó para el trabajo de campo.



Figura 3. A) Representación de las características del vertedero V-Notch 90° utilizado. B) Imagen con las tres secciones de estudio del canal.



El sedimento de diámetro 0.05 mm fue colocado aguas arriba del vertedero V-Notch 90°, el cual fue extraído del río Malacatos, ubicado a 500 m del canal de prueba. El sedimento fue distribuido en una distancia de 1 m, con una altura de 10 cm.

Medición de caudal. La obtención de caudales en cada una de las secciones se realizó mediante aforos líquidos, para luego calibrar cada sección de medición elaborando curvas de descarga. En las zonas S_S, C_S y VERT_C_S, se aplicó la ecuación de continuidad para su cálculo (Ec. 1), cuyo método consistió en medir, de la sección transversal, la profundidad del canal (parte trapezoidal) en verticales con una barra graduada. Al mismo tiempo que se midió la profundidad, se determinó la velocidad utilizando el correntómetro de hélice. Dependiendo de la profundidad, se midió la velocidad en dos puntos de la vertical. Con el ancho del canal, la profundidad de agua y la velocidad del flujo se calcularon los caudales correspondientes a cada segmento de cada sección transversal del prototipo del canal. La suma de los caudales de estos segmentos dio el caudal total (Narea y Tamayo, 2006). Los aforos se realizaron a diferentes alturas en el canal trapezoidal (13.0 cm, 15.0 cm, 17.5 cm y 20.0 cm).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uh) + \frac{\partial}{\partial y}(vh) = 0 \quad (\text{Ec. 1})$$

En donde, t es el tiempo; x e y, son coordenadas cartesianas; U, componente la velocidad de la corriente integrada verticalmente en la dirección (x); V, es el componente de la velocidad de la corriente integrada verticalmente en la dirección (y), h es la profundidad. Con los aforos realizados a diferentes profundidades de agua, se caracterizaron cada una de las tres secciones de medición mediante la construcción de curvas de descarga, cuya metodología se describe a detalle en Mejía (2009).

Cálculo y medición de velocidades. Con caudales obtenidos del apartado anterior de las secciones transversales de interés del prototipo de canal hidráulico de campo, mediante fórmulas empíricas se determinó la velocidad en estas secciones a diferentes profundidades.

a) **Velocidad con correntómetro.** En cada una de las secciones, se midió la velocidad media del agua utilizando un correntómetro de hélice. Equipo utilizado para medir la velocidad del flujo en las verticales a diferentes profundidades en las secciones transversales y cuyo detalle de manejo se menciona en Mejía (2009), programando la captura de velocidad media en un tiempo de 30 segundos, para distintos tirantes de agua.

b) **Velocidad de Manning.** En la presente investigación se utilizó la ecuación de Manning para determinar la velocidad empíricamente (Bustos y Montoya, 2015), la misma se describe a continuación (Ec. 2).

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde V, es la velocidad media del agua en (m/s); n es el coeficiente de rugosidad de Manning, valor extraído de tablas pre establecidas de la literatura (Chow, 1982; Noarayanan *et al.*, 2012; Osíos *et al.*, 2012); R es el radio hidráulico y S es la pendiente del fondo del canal en (m/m). Para verificar el comportamiento y cambio de las velocidades en las tres zonas en las que se dividió el canal, se realizó una simulación numérica únicamente para el nivel de 14 cm en la zona con sedimento, para ello, se utilizó el software especializado ANSYS® Academic R18.0.

Calculados los valores de velocidad y el coeficiente de rugosidad ponderado, se determinó el caudal utilizando la ecuación de Manning (Ec. 3):

$$Q = \frac{1}{n_c} A R_h^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{Ec. 3})$$

De donde Q, es el caudal en m^3/s ; A, área de la sección; R_h , radio hidráulico; S, pendiente del canal; n_c , coeficiente de rugosidad ponderado.

Coefficientes para determinar el coeficiente de rugosidad «n» en canales con sedimento de $\varnothing = 0.05 \text{ mm}$:

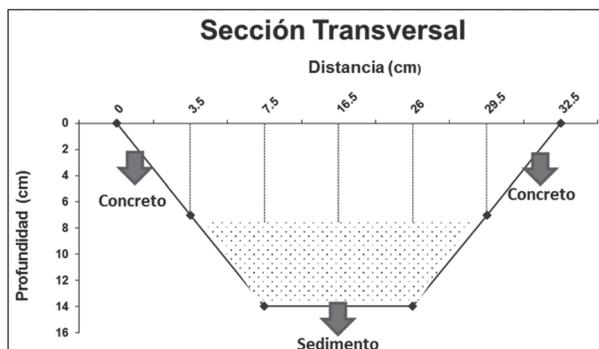
Coeficiente de rugosidad ponderado.

Debido a que en el perímetro mojado del canal estudiado se identifican diferentes rugosidades, como se representa en la Figura 4 (paredes de concreto y fondo de solera con sedimento), se calculó un coeficiente de rugosidad ponderado mediante la ecuación de Horton-Einsten (Ec.4) (Acosta y Jerson, 2016), los cuales asumen la hipótesis de que la velocidad media del flujo en la sección es la misma que la de cada subsección para determinar un coeficiente de rugosidad ponderado.

$$n_c = \left(\frac{p_1 g n_1^{3/2} + p_2 g n_2^{3/2} + p_3 g n_3^{3/2}}{P_T} \right)^{2/3} \quad (\text{Ec. 4})$$

De donde n_c corresponde al coeficiente de rugosidad ponderado, p_{1-2-3} son los perímetros mojados con distintos materiales; $g n_{1-2-3}$, son los coeficientes de rugosidad de cada una de las subsecciones que se encuentran en el perímetro mojado, P_T es el perímetro mojado total de la sección transversal.

Figura 4.- Representación gráfica de las paredes del canal y sus diferentes rugosidades consideradas para el cálculo del perímetro mojado.



Método gráfico. Para determinar el coeficiente de rugosidad de un canal con presencia de sedimento de diámetro 0.05 mm, se aplicó una gráfica de la relación entre la función $\phi(R/k)$ y el valor del diámetro de las partículas (k). utilizándose las ecuaciones 5 y 6 respectivamente (Osíos *et al.*, 2012):

$$\phi(R/k) = \frac{\left(\frac{R}{K}\right)^{1/6}}{21.9 \log\left(\frac{12.2R}{k}\right)} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$k = \frac{12.2R}{R^{1/6} 10^{21.9n}} \quad (\text{Ec. 6})$$

De donde $\phi(R/k)$ es la relación entre el radio hidráulico y el diámetro, R corresponde al radio hidráulico de la sección transversal, k es el diámetro de la partícula. Como el coeficiente de rugosidad varía con la potencia 1/6 del diámetro de la partícula $k^{1/6}$, se utilizó la (Ec. 7) para determinar el valor de n de Manning (Castillo *et al.*, 2009; Osíos *et al.*, 2012; Ponce, 2015).

$$n = \left(\phi(R/k) k^{1/6} \right) \quad (\text{Ec. 7})$$

De donde n es el nuevo coeficiente de rugosidad.

Resultados y discusión

La pendiente del canal hidráulico de campo se determinó utilizando un nivel automático y un estatal, tal como se muestra en la Figura 5, dando como resultado una pendiente para el canal de 1 m/1000 m, es decir, 0.001 m/m.

En función de tablas preestablecidas (valor extraído de tablas en la literatura (Chow, 1982; Noarayanan *et al.*, 2012; Osíos *et al.*, 2012) y del material de construcción de paredes y solera del canal hidráulico de campo (hormigón armado), se determinó el coeficiente de Manning $n = 0.015$ para la sección del canal sin sedimento (Pantaleón *et al.*, 2013; Ospina y Moyano, 2015).

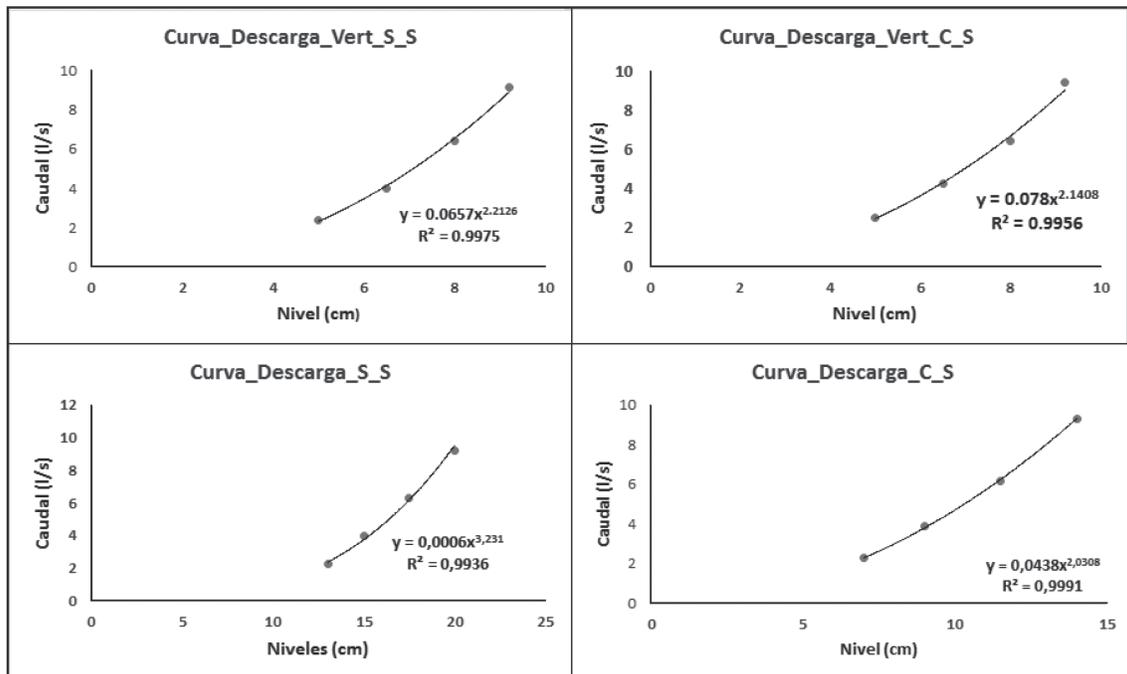
Figura 5.- Trabajo de campo efectuado para medición de la pendiente del prototipo del canal hidráulico.



Efecto del sedimento sobre el caudal

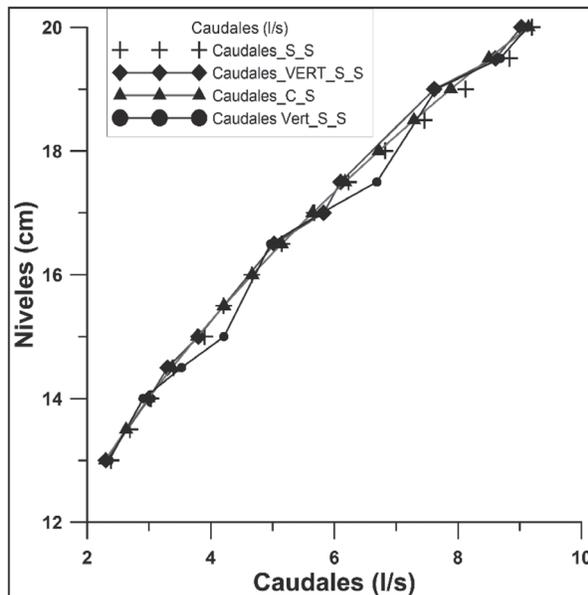
Curvas de descarga. Se realizaron cuatro aforos a distintas profundidades en cada una de las zonas de estudio del prototipo del canal hidráulico de campo; con los aforos y profundidades, se construyeron las curvas de descarga (Figura 6).

Figura 6.- Curvas de descargas de las zonas de estudio en el canal hidráulico.



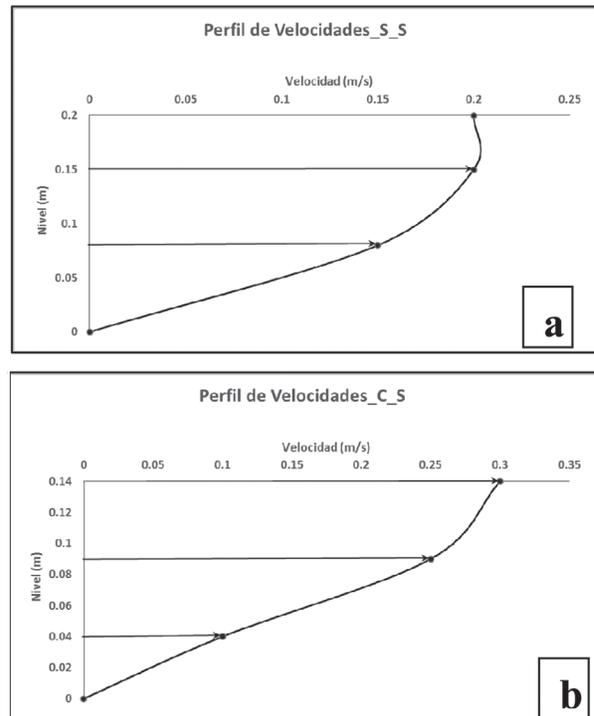
En función de la distribución y ubicación de los puntos de aforos, se dio la línea de tendencia del tipo potencial, siendo este tipo de ajuste el más adecuado para las curvas de descarga (Narea y Tamayo, 2006; Mejía, 2009). Por el coeficiente de correlación R^2 que fue al menos para todos los casos 0.99, ajuste considerado adecuado entre los puntos de aforo. Con las curvas de descarga construidas para cada una de las secciones de monitoreo dentro del prototipo del canal hidráulico de campo, se procedió a determinar el caudal a diferentes alturas, como se puede observar en la Figura 7. Donde primeramente se puede verificar la ley de continuidad, es decir, la cantidad de agua que pasó por la zona sin sedimento fue igual a la que pasó por la cresta del vertedero y, de la misma forma, el caudal que pasó por la zona con sedimento fue igual al caudal que pasó por el vertedero en presencia de sedimento aguas arriba. El coeficiente de correlación entre los caudales de las zonas de monitoreo fue de $R^2 = 0.99$.

Figura 7.- Representación gráfica de los caudales de las zonas de trabajo del canal hidráulico a diferentes alturas.



Efecto del sedimento sobre la velocidad del flujo en el canal. Como se puede observar en la Figura 8, la velocidad cerca de la superficie de la zona C_S (Figura 8b) es mayor a la de la zona S_S (Figura 8a), con valores de 0.3 y 0.2 m/s, respectivamente.

Figura 8.- Gráfico del perfil de velocidades. a) Zona Sin Sedimento, b) Zona Con Sedimento.



Esto se debe a la presencia del sedimento que provoca la reducción de la sección transversal del canal y, por ende, una mayor velocidad. Mientras que la velocidad del flujo en el fondo es mayor en S_S y menor en C_S, valores correspondientes a 0.15 y 0.10 m/s, respectivamente. Esta disminución es producida por partículas del sedimento que actúan como retenedoras del fluido, debido a que se forma un contorno hidráulico rugoso liso (Hambrug, 2015; Serrano, 2017), es decir, los granos de sedimento se encuentran por debajo de la capa viscosa que se forma entre el sedimento y el fluido (Hamburg, 2015), y además, por el diámetro de las partículas (0.05 mm). En caso de existir más transporte de sedimento, esta baja velocidad del fluido ayuda a que las partículas se depositen en el fondo, aumentando el nivel del sedimento y modificando aún más la sección transversal del canal.

Coeficiente de rugosidad ponderado n_c . Como se puede observar en el Cuadro 1, se calcularon los nuevos coeficientes de rugosidad ponderados para diferentes profundidades. Los valores de n_c varían desde un mínimo de 0.022

a un máximo de 0.024, entre los niveles 0.07 m y 0.14 m. Con los coeficientes n_c del Cuadro 1, se determinó un valor medio (0.023). Este valor fue utilizado en la Ec. 4 y se calcularon los nuevos caudales con el coeficiente de rugosidad ponderado de Horton-Einsten. Como se puede observar en el Cuadro 2, los caudales por medio de la ecuación de Manning tienen una diferencia de 0.18 l/s a los calculados con la ecuación de Continuidad.

De la misma manera, el coeficiente de rugosidad ponderado de Horton-Einsten se utilizó en la ecuación de velocidad de Manning (Ec. 2), dando como resultado valores de velocidad muy semejantes a aquellos medidos con el correntómetro, siendo la diferencia de 0.01 m/s. Resultados similares se encontraron en la simulación de velocidades del flujo en el canal, aplicando el software especializado de CFD (Figura 9).

Cuadro 1. Coeficientes de rugosidad ponderada (n_c).

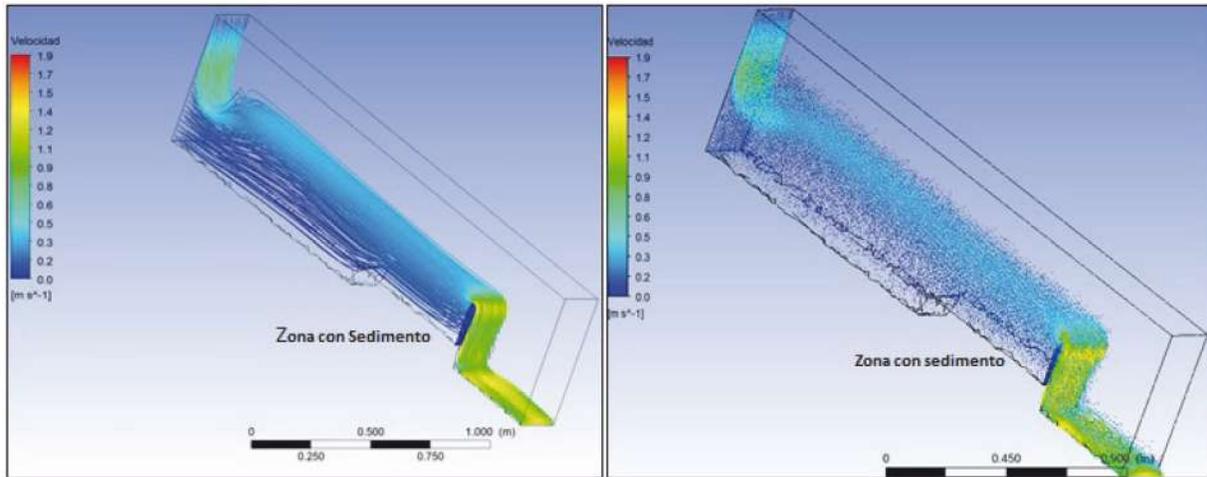
Nivel (m)	Subsecciones	Perímetro mojado_área	Perímetro Mojado Sección	Coefficiente de Rugosidad	n_c (Horton - Einsten)
0.070	Área 1	0.031	0.341	0.015	0.023
	Área 2	0.280		0.024	
	Área 3	0.031		0.015	
0.090	Área 1	0.039	0.386	0.015	0.022
	Área 2	0.308		0.024	
	Área 3	0.039		0.015	
0.115	Área 1	0.039	0.442	0.015	0.023
	Área 2	0.365		0.024	
	Área 3	0.039		0.015	
0.140	Área 1	0.007	0.498	0.015	0.024
	Área 2	0.484		0.024	
	Área 3	0.007		0.015	

Cuadro 2. Velocidad y caudales con el coeficiente de rugosidad ponderado.

H	A	P	RH	S	n_c	Velocidad (m/s)		Caudal (l/s)	
						(Manning)	Correntómetro	(Manning)	Continuidad
0.07	0.015	0.342	0.044	0.001	0.023	0.17	0.15	2.57	2.25
0.09	0.021	0.386	0.054			0.20	0.19	4.14	3.99
0.115	0.028	0.442	0.064			0.22	0.22	6.15	6.18
0.14	0.038	0.498	0.076			0.25	0.24	9.40	9.12
Media						0.21	0.20	5.57	5.39
δ^*						0.33		2.95	

* δ = Desviación estándar

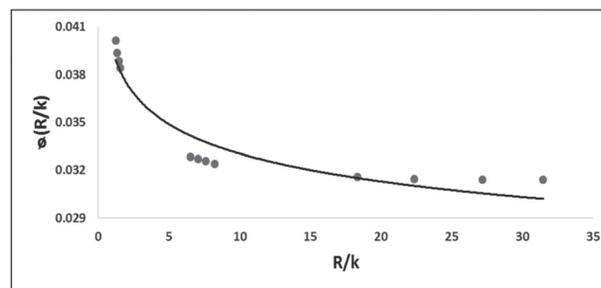
Figura 9. Resultado gráfico de la simulación de las velocidades en presencia de sedimento con CFD.



De acuerdo con la simulación, la velocidad en la zona con sedimento alcanza un valor de 0.27 m/s en el tirante más alto. Este valor es 8% mayor al registrado por el correntómetro (0.25 m/s) y en 10% se incrementa a la velocidad calculada con la ecuación de Manning (0.24 m/s). Estas diferencias pueden deberse al error de medición del correntómetro, además de la precisión del equipo de medición y también por efectos de la simulación.

Coeficientes para determinar «n» en canales con presencia de sedimento $\phi = 0.05$ mm. Una vez graficados los puntos entre la función $\phi(R/k)$ vs. R/k , los cuales se obtuvieron aplicando las ecuaciones 5-6 de acuerdo con su distribución, se les dio una línea de tendencia, siendo esta de tipo potencial, obteniéndose un coeficiente de correlación de 0.92. Como se puede observar en la Figura 10, para un rango amplio de R/k , la variación de la función $\phi(R/k)$ es pequeña, con lo que se puede indicar que existe buena relación entre las dos variables (Osíos *et al.*, 2012). El coeficiente $\phi(R/k)$ de la Ec. 7, es igual a 0.0396, valor obtenido de la línea de tendencia. Este resultado es aproximadamente 5% diferente al valor encontrado por Strickler que es de 0.0342 para ríos de Suiza (Ponce, 2015). Resultados similares encontró Osíos (2012) en su estudio de coeficiente de rugosidad para varios ríos en Venezuela, siendo en este caso, el valor de 0.0336 para la función $\phi(R/k)$.

Figura 10. Representación gráfica entre la función $\phi(R/k)$ y la relación R/k .



Los resultados de la línea de tendencia de la Figura 10 se combinaron con la Ec. 7, estableciendo un modelo para calcular el coeficiente de rugosidad en canales con presencia de sedimento de diámetro con un rango de partícula entre 0.002 mm y 0.050 mm:

$$n = \left(0.0396k^{1/6}\right) \quad (\text{Ec. 8})$$

Aplicando la Ec. 8 con un diámetro de partícula de sedimento igual a 0.05 mm, se determinó el coeficiente de rugosidad propio para este diámetro de partícula, dando como resultado un $n_c = 0.024$. Este nuevo coeficiente fue aplicado tanto para la velocidad como para el caudal de las ecuaciones de Manning, como se muestran los resultados en el Cuadro 3.

Comparando los dos métodos para determinar el coeficiente de rugosidad «n», el uno con el coeficiente de rugosidad ponderado de Horton-Einsten y el otro, gráficamente entre la relación de la función $\varphi(R/k)$ y el valor del diámetro de las partículas (k), produjeron como resultado 0.023 y 0.024 respectivamente. Estos valores

se aplicaron a las ecuaciones de Manning, demostrando que el método gráfico genera mejores resultados y más cercanos a la realidad del sistema, los cuales fueron comparados con los medidos mediante el correntómetro y el modelo informático del CFD.

Cuadro 3. Velocidades y caudales con el coeficiente de rugosidad gráfico.

H	A	P	RH	S	n_c	Velocidad (m/s)		Caudal (l/s)	
						Manning	Correntómetro	Manning	Continuidad
0.070	0.015	0.342	0.044			0.16	0.15	2.46	2.25
0.090	0.021	0.386	0.054	0.001	0.024	0.19	0.19	3.97	3.99
0.115	0.028	0.442	0.064			0.21	0.22	5.90	6.18
0.140	0.038	0.498	0.076			0.24	0.24	9.01	9.12
Media						0.20	0.20	5.33	5.39
δ						0.031		2.82	

Conclusiones

El modelo matemático que se determinó mediante el modelo gráfico entre la relación de la función $\varphi(R/k)$ y el valor del diámetro de las partículas (k) para obtener el coeficiente de rugosidad en un canal con presencia de sedimento, aportó mejores resultados en comparación con la ecuación de Horton-Einsten. Cabe mencionar que la Ec. 8 resulta útil y fácil de utilizar, ya que se requiere conocer únicamente el diámetro de las partículas. Se recomienda utilizarla para diámetros que estén entre el rango de 0.002-0.050 mm. Por lo que su aplicabilidad para otros diámetros de partículas está sujeta a una nueva investigación o validar si el modelo de este estudio requiere una modificación o sigue con la tendencia de la Figura 10.

El efecto negativo del sedimento se ve reflejado en las velocidades del flujo a lo largo del canal. La velocidad del flujo en el fondo del canal o solera fue mayor en el tramo sin sedimento que aquel con depósito sedimentario, esto se debe a que las partículas que lo

constituyen, actúan aumentando la rugosidad y como «detenedoras» del flujo. Las bajas velocidades del flujo, hacen que las partículas se azolven, aumentando así la cantidad de sedimento acumulado en el canal. Mientras que las mayores velocidades se dieron en la parte media y superficie de la zona con sedimento, la sección transversal del canal disminuyó y por ende las velocidades del flujo aumentaron.

Agradecimientos

Al señor Alejandro Patiño por la ayuda en la elaboración del vertedero 90° en Playwood con melanina. A la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Ing. Natalia Samaniego por el apoyo en los trámites necesarios para poder utilizar el prototipo y poder realizar el trabajo de campo en el canal hidráulico de campo.

Bibliografía

- ACOSTA, E., y Jerson, V. 2016. Evaluación hidrológica-hidráulica de la ciudadela El Recreo en el cantón Duran para el control de Inundaciones. Universidad de Guayaquil.
- AHMAD, N. A., Iswal, S., Ali, Z., Mat, A. M., y S. Musa. 2017. Effect Of Flow Resistance In: *Rectangular Channel*. Vol.7, pp. 1-6. Consultado en: <http://doi.org/10.1051/mateconf/20179701107>.

- ALATORRE, L. C. 2010. Erosión del suelo y fuentes de sedimento en la cuenca del río Ésera (Pirineo Central) Análisis espacial y dinámica temporal mediante técnicas de simulación y teledetección. *Universidad de Zaragoza*.
- ÁLVAREZ, C., Álvarez, A., Quintana, R., y M. Martínez. 2007. Análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua 1(1)*:36-43.
- BASILE, P., Riccardi, G., y Stenta, H. 2005. Modelación de la producción de sedimentos a escala de cuenca en el sistema de la producción. *Ao Ludueña (1)*:1-16.
- BUSTAMANTE, M., y J. L. Alvarez. 2011. Determinación de las zonas vulnerables a erosión hídrica en la cuenca alta del río catamayo por medio de sistemas de información geográfica. Universidad Nacional de Loja.
- BUSTOS, P., y J. Montoya. 2015. Desarrollo de software para la comparación de la velocidad de un canal abierto utilizando el factor de fricción de Darcy-Weisbach y la ecuación de Manning. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- CABALLERO, L. A., Rimmer, A., Z. M. Easton y T. S. Steenhuis. 2012. Rainfall runoff relationships for a cloud forest watershed in Central America: implications for water resource engineering. *Jornal of the American Water Resources Association 48*:1022-1031.
- CASTILLO, L., J. P. Martin y M. Marin. 2009. Coeficientes de resistencia, transporte de sedimentos y caudal dominante en regiones Semiáridas: 1-10.
- CHOW, V. T. 1982. Hidraulica de canales abiertos. M. Suárez, Ed. Colombia.
- CRESPO, P., R., Céleri, B Ochoa, I. Cárdenas, V. Iñiguez y P. Borja. 2014. Impactos del cambio de uso de la tierra sobre la hidrología de los páramos húmedos andinos. Avances.
- DELGADO, M. I., F. Gaspari y G. Senisterra. 2013. Tendencia de cambio espacio - temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana. *Tecnociencia Chihuahua 7(2)*:99-109.
- FAHMY, M. R. 2015. Effect of sediment deposition on the efficiency of Fayoum weir. *Flow Measurement and Instrumentation 46*:133-138.
- GARCÍA, T., y A. Montoya. 2006. Monitoreo de la cuenca hidrográfica del canal de Panamá. Panamá.
- HAMBURG, G. 2015. Ingeniería Hidráulica.- Transporte de sedimento.
- JUNES, D. 2012. Sedimentación del reservorio poechos y propuesta de alternativas para su afianzamiento. *Piura*.
- LOPEZ, R. 2002. Métodos para la determinación del coeficiente de resistencia al flujo en cauces de rugosidad heterogénea. *Ciencia y Técnica 69*:11-17.
- MAHAPATRA, S., Patra, K., y A. Pradhan. 2016. Flow Analysis and Its prediction methods for Compound Channels: 1-10.
- MEJÍA, D. 2009. Variabilidad Temporal y espacial de la cantidad y calidad de agua en la cuenca del río San Francisco, Zamora Chinchipe. *Universidad Nacional de Loja*.
- MENESES, R. 2005. Variación en la generación de caudales y de sedimentos en suspensión, con énfasis en eventos de tormenta para una microcuenca de la provincia de Valdivia, Décima Región. *Universidad Austral de Chile*.
- MORGAN, R. 2005. Soil Erosion and Conservation. *Cranfield University, Oxford*.
- NAREA, D., y M. Tamayo. 2006. Transporte de Sedimento en Suspensión en Ríos de Montaña. *Universidad de Cuenca*.
- NOARAYANAN, L., Murali, K., y V. Sundar. 2012. Manning's «n» coefficient for flexible emergent vegetation in tandem configuration. *Hydro-Environment Research 6*:51-62.
- OCHOA, P. A., A. Fries, D. Mejía, J. I. Burneo, D. Ruíz-Sinoga y A. Cerdà. 2016. Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. *Catena 140*:31-42. <http://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.011>
- OSÍOS, M., F. Valencia, E. Ventura y H. Cartaya. 2012. Cálculo del coeficiente de rugosidad «n» de manning en los grandes ríos de Venezuela .
- OSPINA, E., y Y. Moyano. 2015. Evaluación del aprovechamiento para consumo humano del agua de lluvia en una microcuenca urbana de Ibagué. *Ingenium 9*:11-22.
- PANTALEÓN, J., P. Perèz, R. Cordero, A. Torres y J. Feliz. 2013. Determinación del coeficiente de rugosidad para encachado usado en el revestimiento de cunetas en la República Dominicana. *Ciencia y Sociedad 38*:551-568.
- PONCE, V. 2015. Fundamentos de la Hidráulica de canales. In Fundamentos de la Hidráulica de canales. Retrieved from <http://site.ebrary.com/lib/bibliotecauplsp/detail.action?docID=10844701&p00=hidrologia>.
- SAMANIEGO, N. 2009. variabilidad espacial y temporal de la producción de sedimentos en suspensión en la cuenca del río San Francisco, Zamora Chinchipe. *Universidad Nacional de Loja*.
- SERRANO, J. 2017. Transporte de Sedimentos.- *Apuntes de Clase. Loja-Ecuador*.
- SILVEIRA, L., Alonso, J., y Martínez, L. 2006. Efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. *Agrociencia 10(2)*:75-94.
- TARBOTON, D. G. 2003. Rainfall -runoff process. in rainfall. *Runoff Process: 1-159*.
- UNESCO. 2010. Procesos de erosión - sedimentación en cauces y cuencas. J. Brea & F. Balocchi, Eds.
- VICTORIA, J. 1999. Sedimentos fluviales - riesgo para obras de infraestructura. Guatemala.
- VIRAMONTES-OLIVAS, O., V. Reyes-Gómez, A. Rangel-Rodríguez, C. Ortega-Ochoa, R. Soto-Cruz y J. Caramillo-Acosta. 2012. Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua 6(3)*:181-193. 

Este artículo es citado así:

Diego Mejía y Holger Benavides-Muñoz. 2017. Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" para canales trapezoidales con presencia de sedimento ($\varnothing = 0.05$ mm). *TECNOCIENCIA Chihuahua 11(2)*:69-81.

Resumen curricular del autor y coautores

HOLGER M. BENAVIDES-MUÑOZ. En 1999 le fue otorgado el título de Ingeniero Civil por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). En 2005 obtuvo el Certificado Internacional del BID en "Formulación y gerencia de proyectos" de la Universidad Politécnica Nacional (BID-UPN), además en el mismo año le confirieron su título de Maestría en "Gerencia de proyectos para el desarrollo" en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Su grado de especialista universitario en "Gestión urbana del agua" lo obtuvo el 2007 en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y obtuvo su título de Doctor en "Ingeniería hidráulica y medio ambiente" el año 2010 en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Actualmente es docente investigador titular principal de la sección de Recursos Hídricos del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Ha dirigido proyectos de investigación relacionados con la eficiencia hidráulica y energética en abastecimientos, gestión urbana de sistemas de agua, sectorización y balance hídrico de redes, detección y localización de fugas, y temas relacionados al desarrollo sostenible, diseño económico de redes, diagnóstico de sostenibilidad - ISA, valoración contingente de recursos hídricos, diseño de sistemas de fluidos en edificios, hidráulica a presión y valoración de impactos ambientales, entre otros. Es autor de artículos científicos, conferencias y ponencias en congresos nacionales e internacionales, capítulos de libros científicos. Es autor de 5 aplicaciones técnicas con Registro de Propiedad (IEPI). Es evaluador de proyectos de investigación y formativos de posgrado del CES (ante la Comisión Permanente de Posgrados del Consejo de Educación Superior - (CES - Ecuador) y es árbitro de cuatro revistas científicas de circulación internacional.

El amoniaco en las explotaciones avícolas: efectos sobre las aves y el ambiente

The ammonia in poultry operations: effects on birds and environment

JUAN MANUEL COHUO-COLLI¹, JOSAFHAT SALINAS-RUIZ¹, ALEIDA SELENE HERNÁNDEZ-CÁZARES¹, JUAN VALENTE HIDALGO-CONTRERAS¹ Y JOEL VELASCO-VELASCO^{1,2}

Recibido: Septiembre 7, 2016

Aceptado: Octubre 21, 2016

Resumen

La mitigación de gases que contaminan el ambiente es uno de retos de la sociedad actual. Algunas actividades económicas son fuente de emisión de gases contaminantes, como es la avicultura, que presenta la mayor concentración y emisión de NH₃ comparada con otras explotaciones de animales. Este gas repercute en el desarrollo y bienestar de las aves; en altas concentraciones, influye en la proliferación de enfermedades oculares, respiratorias e incluso, contribuye al daño de la almohadilla plantar en pollos. En general, el amoniaco tiene repercusiones contaminantes en aire, suelo y agua; genera malos olores, altera pH y reciclaje de nutrientes del suelo; provoca eutrofización y contaminación de cuerpos de agua, y en situaciones graves, afecta la salud humana. Es importante cuantificar la emisión de amoniaco en granjas avícolas, mediante investigaciones que contribuyan a proponer estrategias que reduzcan las emisiones de este gas y los efectos sobre los ecosistemas naturales.

Palabras clave: amoniaco, contaminación ambiental, pollos.

Abstract

The mitigation of gases that pollute the environment is one of the challenges of today's society. Some economic activities are a source of emission of pollutant gases such as poultry; which has the highest concentration and emission of NH₃ compared to other farms. This gas has repercussions on the development and welfare of birds; In high concentrations influences the proliferation of eye diseases, respiratory, and even contributes in the damage to the plantar pad of the chickens. In general, ammonia has an impact on air, soil and water pollution; generates bad odors, alters the pH and recycling nutrients of the soil, causes eutrophication and contamination of water, and in more serious situations affects human health. For these reasons, it is important to quantify the emission of ammonia in poultry farms through specific investigations, which will contribute to propose strategies that could reduce the ammonia emission and therefore the effects that this gas causes on natural ecosystems.

Keywords: ammonia, environmental pollution, poultry.

Introducción

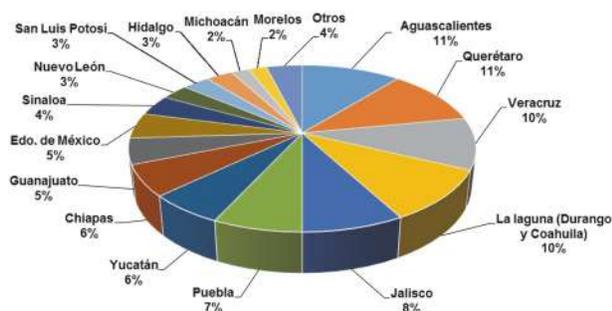
México ocupa el quinto lugar como productor de huevo y carne de pollo, aportando 3.5% del total de la producción mundial. La industria avícola en México es una de las actividades pecuarias más dinámicas y prósperas del país dentro del entorno agroalimentario (Figura 1).

¹ COLEGIO DE POSTGRADUADOS CAMPUS CÓRDOBA. Córdoba, Veracruz, México. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes Veracruz, Veracruz. México. C.P. 94946. Teléfono: 52(271) 716-6000.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: joel42ts@colpos.mx.

Seis de cada 10 kg de proteína animal que se oferta en el mercado son alimentos avícolas como carne de pollo y huevo. En 2014, el consumo per cápita de esta carne fue de 24.8 kg, indicando demanda por carnes blancas de bajo contenido graso (UNA, 2014).

Figura 1. Principales estados productores de carne de pollo en México en 2013. Fuente: Modificado de UNA (2014).



El crecimiento en la producción de carne de pollo ha traído un fuerte nivel de tecnificación de las naves que proporcionan un mayor confort y bienestar a las aves, y el número de animales por metro cuadrado es mayor. Bokkers *et al.*, (2011) mencionan que la densidad apropiada es de 16 aves m², mientras que Dawkings *et al.* (2004) comentan que con 23 aves m² no se afecta el desarrollo y comportamiento de los animales. También se han tenido avances en la nutrición y genética para un mejor crecimiento del índice de conversión alimenticia con el fin de obtener mayor peso vivo en periodos cortos (Rostagno *et al.*, 2011). Por otra parte, este inevitable crecimiento de la industria avícola por el aumento en el número de aves de granja, ha provocado el incremento de la emisión de varios gases por la interacción con las condiciones medioambientales, como temperatura, humedad, ventilación, entre otros. Estas condiciones, junto con factores físicos y biológicos como la descomposición bacteriana de excretas y en materiales de cama, originan el amoniaco, que repercute en problemas de contaminación ambiental, dentro y fuera de la nave avícola (Sainsbury, 2000).

En concentraciones mayores de 25 ppm dentro de las naves avícolas, el amoniaco ocasiona enfermedades oculares en aves como la uveítis (Miles *et al.*, 2006); asimismo, se desarrollan enfermedades como la queratoconjuntivitis, problemas respiratorios, daños patológicos e infecciones (Jodas y Hafez, 2001). Estas enfermedades causan pérdidas económicas considerables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuantificación de pérdidas monetarias a concentraciones de amoniaco superiores a 75 ppm.

Aves de producción por nave	Ganancias con control adecuado de NH ₃ (\$)	Ganancias sin control adecuado de NH ₃ (\$)	Pérdida monetaria (\$)
10,000	884,400.00	804,440.00	79,560.00
20,000	1 768,000.00	1 608,880.00	159,120.00
40,000	3 536,000.00	3 217,760.00	318,240.00

Precio promedio aproximado \$34.00 por kilogramo de carne. Peso promedio en pie 2.6 kg por ave (ASERCA, 2014).

Weaver *et al.* (1991) indican que el amoniaco, ligado con niveles de humedad relativa, tiene influencia en el desarrollo de enfermedades en las patas de los pollos, conocidas como pododermatitis, debido a las quemaduras que este gas causa a las aves. En varios estudios realizados en la Unión Europea y EU se han encontrado factores relacionados con la emisión de amoniaco, por ejemplo, la temperatura, humedad de la cama y pH (Miles *et al.*, 2011). De igual forma, han implementado estrategias para mitigar los altos niveles de amoniaco en las granjas desde diferentes puntos de vista, por ejemplo: materiales de cama Garcês *et al.* (2013), complementos adicionados a la dieta de las aves como la *Yucca schidigera* (Sahoo *et al.*, 2015), entre otras. Es importante estimar e implementar estas estrategias para países como México, donde la investigación en el tema apenas está emergiendo, con el fin de estimar la cantidad de NH₃ que se emite en las granjas avícolas, sin dejar de observar los problemas que ocasionan sobre la salud de las aves, los humanos y ambiente.

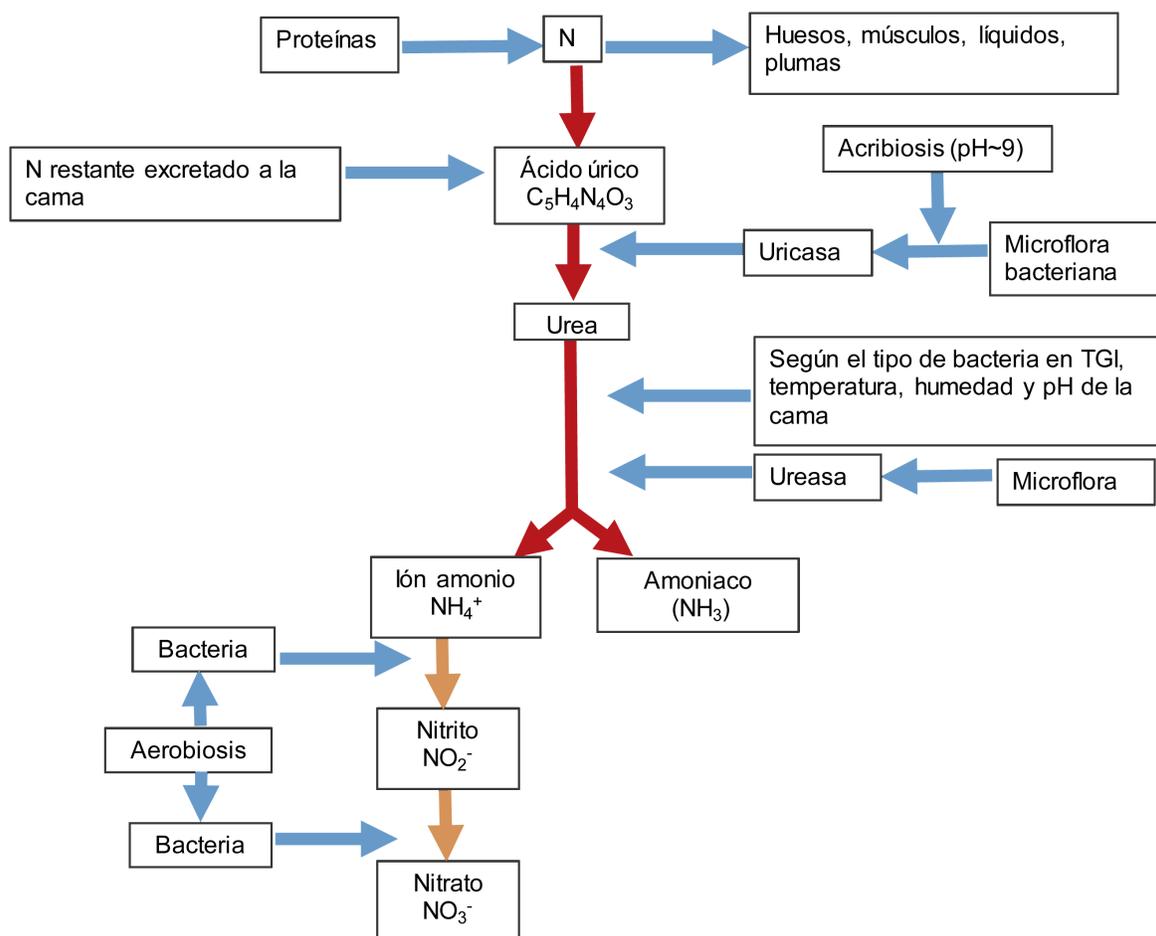
Desarrollo

El amoniaco. El NH_3 es un compuesto químico cuya molécula consiste en un átomo de nitrógeno (N) y tres de hidrógeno (H); es un gas incoloro de olor fuerte; tiene un pH de 13 y puede producirse naturalmente o antropogénicamente. El amoniaco es muy volátil debido a que es más liviano que el aire, además, su forma iónica y neutra permanecen en equilibrio en solución; aun así, a bajas concentraciones generan vapores de olor irritante. La constante disociación del NH_3 forma soluciones básicas, como resultado, muchas propiedades físicas y químicas del NH_3 actúan en función del pH. Por ejemplo, la solubilidad del mismo en agua, se incrementa con la disminución en el pH. La

volatilidad del NH_3 se incrementa con al aumentar el pH; de esta forma, esta sustancia se volatilizará libremente de sus soluciones con agua a pH altos. En general, el NH_3 es difícil de controlarlo ya que se disuelve fácilmente en agua y se evapora rápidamente (Botta, 2002).

La formación de amoniaco en la industria avícola. Dentro de las naves avícolas existen emisiones de diversos contaminantes gaseosos, de estas, se destacan el dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4); pero el principal gas es el NH_3 (Solomon *et al.*, 2007). Este gas, además de ser de los más comunes, se puede distinguir por ser altamente irritante y llega a afectar tanto a animales como a trabajadores en las granjas (Figura 2).

Figura 2. Proceso de emisión de NH_3 en cama en pollos de engorda.



Fuente: (Arellano, 2014).

El alimento proporcionado a las aves, compuesto por nitrógeno (N) en forma de aminoácidos, son derivados principalmente de la proteína que sirven al animal para la formación de huesos, músculo, líquidos corporales, plumas, carne, etc. (Santiago *et al.*, 2011); sin embargo, no todo el N que reciben es aprovechado eficientemente, y una cantidad es eliminada por las excretas. Este exceso de N es desechado en forma de ácido úrico que se produce en el hígado del ave y de las proteínas no digeridas, presentando hasta 70 y 30% de N, respectivamente. Estos se mezclan con el material de la cama, donde existe microflora bacteriana como *Nitrosomonas* y *Nitrococcus* que convierte el NH_3^- a NO_2^- y *Nitrobacter*, que convierten el NO_2^- a NO_3^- que participan en la descomposición de la misma por efecto de la humedad, al igual que muchas enzimas, siendo la más importante la ureasa, lo que permite la producción de NH_3 y CO_2 (Groot, 1994; Roney *et al.*, 2004).

Tras la descomposición del ácido úrico, el NH_3 se volatiliza, este proceso de emisión también es afectado por varios factores como el tipo de material de cama, la temperatura, la humedad, la ventilación. Algunos autores mencionan que las técnicas de manejo de las aves también influyen en dicho proceso (Patterson y Adrizal, 2005).

Efectos del amoníaco sobre el medio ambiente. Las emisiones de gases hacia el medio ambiente son una de las principales preocupaciones en el mundo. Las emisiones provienen principalmente de las instalaciones pecuarias (bovinos, porcinos y aves de corral), por ello, un número creciente de países han optado por introducir legislaciones que tienen como objetivo reducir la emisión de contaminantes, una de estas del NH_3 (Bjerg *et al.*, 2013).

Contaminación del aire. Las emisiones de NH_3 , junto con otros contaminantes como sulfuros de hidrógeno, metano y dióxido de carbono, producen molestias, principalmente olores desagradables que afectan la salud humana con problemas respiratorios; además,

la mayoría de estos compuestos contribuyen a la destrucción de la capa de ozono por la producción de óxido nítrico, como parte de los gases emitidos durante la descomposición microbiana (Pacheco *et al.*, 1997).

Contaminación del suelo. En las actividades pecuarias, se producen grandes volúmenes de estiércol, el vertido de estos desechos ocasiona acumulación de nutrientes y sales en el suelo, alterando su pH debido a la conversión de ácido úrico en urea y posteriormente en nitrato, lo que ocasiona otros problemas relacionados con la infiltración de dichos nitratos en el subsuelo por el proceso de lixiviación, además de la contaminación por microorganismos patógenos tales como *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, entre otros (Pacheco *et al.*, 1997; Medina y Cano, 2001 y Martínez *et al.*, 2011).

Contaminación de agua. La contaminación superficial del agua por excretas se manifiesta principalmente por la presencia de amonio que se disuelve en el agua, por su propiedad de miscibilidad, y de sulfatos provenientes de lluvias ácidas, lo que genera un exceso de nutrientes en el agua y favorece el crecimiento de algas, pues el amoníaco es transformado en amonio y nitrato que las algas utilizan para formar aminoácidos (Hernández *et al.*, 2012). Lo anterior ocasiona el agotamiento de oxígeno disuelto y el aumento de materia orgánica en situaciones graves, llegando a causar la eutrofización de los cuerpos de agua (Pacheco *et al.*, 1997). En dos estudios de caso realizados por Constable *et al.* (2003) en Canadá, revelaron la cantidad de 62 t de NH_3 por año de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales, capaces de producir un impacto ecológico negativo, principalmente a los organismos acuáticos y las plantas terrestres.

Efectos del NH_3 sobre la salud de los pollos de engorda. Para la industria avícola, como ya se ha mencionado, la preocupación por la generación y emisión de NH_3 incluye temas referentes a niveles de producción, salud y bienestar animal. Los actores involucrados en esta industria se han interesado en controlar y

reducir la emisión de este gas dentro de las instalaciones avícolas, ya que genera múltiples problemas y enfermedades sobre las aves (Ritz *et al.*, 2004). Beker *et al.* (2004) encontraron que el NH₃ disminuye el rendimiento de los animales (conversión del alimento en peso corporal del ave) y aumenta la susceptibilidad a desarrollar alguna enfermedad, disminuyendo la calidad de su carne. En el Cuadro 2 se muestran algunas concentraciones de NH₃ que pueden afectar la salud y el bienestar de las aves.

Cuadro 2. Efectos del amoniaco en concentraciones altas sobre la salud de las aves.

Concentración de NH ₃		Efectos en la salud y bienestar animal
ppm	ml	
20	2 x 10 ⁻²	• Edema pulmonar, congestión y hemorragias • Mayor susceptibilidad ante las enfermedades respiratorias debido a la ciliostasis.
40	4 x 10 ⁻²	• Declinación y disminución de la eliminación de <i>E. coli</i> de los pulmones y saco aéreos.
25-50	2.5-5 x 10 ⁻²	• Reducción del peso corporal y la eficacia del alimento e incremento de la aerosaculitis en las aves expuestas al virus de la bronquitis infecciosa.
50-100	5-10 x 10 ⁻²	• Queratoconjuntivitis, ulceración corneal y ceguera.

Fuente: Miles *et al.*, 2004.

El NH₃ en el desarrollo de la pododermatitis.

Una de las enfermedades a la que se le ha dado mayor énfasis en los últimos años es la pododermatitis (daño causado en la almohadilla plantar) de las aves, considerado como un importante indicador en el bienestar de los pollos de engorda (Meluzzi *et al.*, 2008b). La importancia del cuidado de las patas, es por su valor especial en el mercado extranjero, sudeste asiático y China. Con presencia de pododermatitis se tienen significantes pérdidas económicas, ya que las patas con lesiones no son aptas para el consumo humano y los precios se reducen en el mercado (Taira *et al.*, 2014). En 2008, el mercado de EU perdió \$250 a \$300 millones de dólares por la mala calidad de patas de pollo, que es la tercera parte económicamente más importante del animal después de la pechuga y las alas (Casey *et al.*, 2010).

La pododermatitis es conocida por varios nombres: dermatitis de contacto, dermatitis de la almohadilla plantar y todos se refieren a una condición que se caracteriza por la inflamación y lesiones necróticas, desde la superficie plantar de las almohadillas de las patas hasta lo profundo. Las úlceras profundas pueden dar lugar a abscesos y engrosamiento de tejidos subyacentes y estructuras (Taira *et al.*, 2014). El alto contenido de humedad está implicado, junto con el NH₃, para el desarrollo de esta enfermedad (Weaver *et al.*, 1991) al igual que otros factores que a continuación se mencionan.

Material de la cama para la crianza de pollos de engorda. El manejo de la cama es un aspecto importante en la crianza de los pollos, el material que se utiliza sirve como aislamiento térmico, absorción de humedad y barrera protectora de la tierra, entre otros (Bilgili *et al.*, 2009). Al final, la cama se refiere a la mezcla de materiales de excrementos fecales y alimento, lo que varía según la región, costo y disponibilidad. El material de la cama más utilizado en EU es la viruta de pino y en Europa la paja. La cascarilla de arroz y la de cacahuate son otros materiales utilizados regularmente como cama (Grimes *et al.*, 2002). Algunos han sido utilizados principalmente para la absorción de humedad y evitar el apelmazamiento, lo cual se refiere a la compresión de las capas del material de la cama en una sola capa húmeda en la parte superior, que generalmente tiene la mayor parte de la humedad y material fecal (Bilgili *et al.*, 2009). De acuerdo con Grimes *et al.* (2002), el material de cama más destacado en la retención de mayor contenido de humedad es la viruta de pino, seguido de la cascarilla de arroz, mazorcas de maíz, aserrín y corteza de pino y arcilla. Sin embargo, Sirri *et al.* (2007) indican que el porcentaje de pododermatitis en pollos de engorda fue menor en camas de viruta de pino, comparado con la paja, después de la cascarilla de arroz y la de cacahuate. En estos materiales, uno de los factores más importantes para destacar su eficiencia en relación a calidad de la pata o el rendimiento, en comparación con materiales como el heno, la corteza de pino y las astillas de madera, es el tamaño de partícula,

que se recomienda que sea menor de 2.5 cm (Hester *et al.*, 1997). Por lo tanto, la diferencia en tamaño de partícula contribuye al desarrollo de la pododermatitis.

Humedad de la cama. Los factores como la densidad de ocupación, ventilación y diseño del bebedero pueden afectar la humedad de la cama, lo que puede ser un factor significativo en la aparición de la pododermatitis (Mejía, 2012). La cama húmeda es el único factor causante de la ulceración en las patas de pollos de engorda (Arnould, 2013), pues la pododermatitis es más severa a medida que aumenta la humedad de la cama, especialmente cuando contiene alta humedad con excrementos fecales pegajosos, es decir, si el manejo de la cama es deficiente se genera mayor cantidad de NH_3 (Alain *et al.*, 2009 y Mejía, 2012).

Diseño y manejo del bebedero. El diseño del bebedero puede desempeñar un papel importante en la humedad de la cama, por tanto, la incidencia sobre el desarrollo de la pododermatitis. Ekstrand *et al.* (1997) encontraron que las parvadas criadas con pequeñas tazas del bebedero han tenido una mayor prevalencia de pododermatitis que aquellos criados en bebederos de tetina o pezón.

Densidad de población. La densidad de población es un factor significativo en el rendimiento del pollo y una sobrecarga de aves por m^2 generando mayor concentración de NH_3 (Mejía, 2012). Parvadas abastecidas con una densidad de población alta ($\leq 0.48 \text{ m}^2 \text{ ave}^{-1}$) tienen 10% más incidencia de lesiones en el corvejón, y 20% más lesiones en comparación con parvadas en una densidad de población inferior ($0.15 \text{ m}^2 \text{ ave}^{-1}$) (Sørensen *et al.*, 2000). Mientras, Bruce *et al.* (1990) afirman que cuando la calidad de la cama se deteriora, el nivel de las lesiones del corvejón se duplica.

Estrategias para reducir el NH_3 de las granjas avícolas. Reducir los niveles de NH_3 al interior de las naves avícolas es una parte importante para el rendimiento de las mismas, la estrategia más apropiada es reducir la volatilización mediante lo siguiente: a) reducción del pH; se puede controlar mediante acidifi-

cantes como formaldehidos, bisulfato de sodio, sulfato de aluminio, sulfato de hierro, ácido fosfórico o una combinación de arcilla con ácido sulfúrico (Miles *et al.*, 2013); b) promover la formación de iones de amonio ($\text{H}^+ + \text{:NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$) y, c) reducir la cantidad de amoníaco volátil. También es importante controlar la humedad para reducir la emisión de amoníaco, Ferguson *et al.* (1998) confirmaron la relación entre la humedad de la cama alta y el incremento de la emisión de amoníaco, por lo tanto, es importante mantener la cama seca mediante un buen manejo de bebederos y un mejor sistema de ventilación, entre otras estrategias.

La profundidad o la densidad del material de cama también juegan un papel importante, y ha dado resultados significativos en la reducción de amoníaco. Debe ser de un material que no absorba humedad para evitar la volatilización, se recomienda 20 kg/m^2 para casetas de ventilación natural y 30 kg/m^2 en casetas de ambiente controlado de material de cama. Shao *et al.* (2015) encontraron que a una altura de cama de 16 cm, la emisión de amoníaco se redujo a 18.67 ppm con respecto a una altura de 4 cm, la cual tuvo una emisión de 22.75 ppm. Las dietas proporcionadas a las aves también son importantes, ya que el nivel de la proteína cruda incluida en las dietas resulta excesivo. Reducir la cantidad de proteína cruda en las dietas (Summers, 1993) disminuye el N en las excretas y puede disminuir los niveles de NH_3 en las naves; algunos aditivos pueden ser agregados a la dieta, por ejemplo, las zeolitas y la *Yucca schidigera* (Çabuk *et al.*, 2004), minerales orgánicos (Nollet *et al.*, 2007), entre otros.

Algunos estudios muestran que la utilización de la *Yucca Schidigera* en forma picada y seca, redujo significativamente la emisión de NH_3 en cama, de 37 hasta 42 d de edad (Lazarevic *et al.*, 2014). El uso de esta planta disminuyó la humedad de la cama y mejoró el índice de conversión alimenticia y la ganancia de peso (Sahoo *et al.*, 2015), debido a esto, los autores sugieren que esta planta es un ingrediente funcional en las dietas para un programa de manejo del NH_3 y mejoramiento del bienestar animal.

Productos comerciales de *Yucca schidigera* se encuentran en el mercado con diferentes dosis y aplicaciones en las dietas de las aves, los más conocidos son Biopodwer®, De-Odorase® y MicroAid®, entre otros. Bao *et al.* (2007) mencionan que la suplementación en bajas cantidades de minerales orgánicos como Cu, Fe, Mn y Zn en la dieta de las aves, ayuda a disminuir la emisión de contaminantes al ambiente, debido al bajo nivel de excreción del mineral, ya que estos, en su forma orgánica, tienen buena biodisponibilidad y eficientizan la absorción de nutrientes, reemplazando los minerales inorgánicos, los cuales son utilizados en las dietas tradicionales o convencionales. Sunder *et al.* (2013) mencionan que el Zn y Mn en su forma orgánica y aplicada a las dietas de las aves de manera combinada, son suplementaciones que mejoran la firmeza de los huesos y la respuesta inmune.

Los minerales orgánicos conocidos como Availa-Zn® y Availa-Mn® han contribuido a reducir enfermedades como la pododermatitis cuando estos son incluidos en la dieta de las aves a diferentes dosis, obteniendo patas sin lesiones del 75 hasta 78% (Van der Sluis, 2010). Todas estas estrategias han funcionado en cierto grado para reducir la emisión de NH₃ y enfermedades como la pododermatitis en pollos de engorda; sin embargo, se han desarrollado en diferentes regiones geográficas y climáticas; por lo mismo, es importante conocerlas y tomarlas de referencia para desarrollar futuras investigaciones en México.

Tecnologías para la medición y eliminación de amoniaco. En las granjas avícolas, el NH₃ se mide a través de analizadores automáticos basados en sensores de infrarrojo, catalíticos, foto acústicos, capaces de cuantificar la concentración del gas en el aire de forma inmediata. Miles *et al.* (2006) estudiaron la producción y distribución de NH₃, N₂O, CO₂ y CH₄ en una granja de pollos de engorda, usando un analizador multi gas (Innova 1312, California Analytical, Orange, CA) que posee técnicas foto-acústicas infrarrojas de detección, pudiendo también medir CO y vapor de agua. Blanes-Vidal *et al.* (2008) realizaron mediciones de NH₃, CH₄ y N₂O en granjas de cerdos, usando el mismo equipo en el interior y exterior de las naves.

El NH₃ se puede eliminar *in situ* a través de trampas ácidas que consisten en dispositivos provistos de una dilución ácida (p. e. ácido ortofosfórico) capaz de adsorber amoniaco con o sin sistemas de bombas de aspiración de aire para determinar el caudal de aire. Otra forma de eliminar el amoniaco es a través de un bio filtro en el que se hace pasar aire contaminado a través de un medio orgánico (compost o madera triturada) que contiene bacterias que interactúan con los contaminantes y los descomponen en elementos inocuos o menos nocivos. Su eficacia fue probada en una granja de 5 mil aves donde eliminó hasta 79% del NH₃ de la instalación (Workman *et al.*, 2012).

Conclusiones

La avicultura es una fuente importante de emisión de NH₃ comparado con otras explotaciones animales. Es importante prestar atención a los problemas que genera tanto NH₃ en el aspecto productivo-económico a través del bienestar de las aves, así como sus implicaciones en el medio ambiente. Es necesario realizar estudios *in situ* para contribuir a resolver el problema de la volatilización del NH₃ con estrategias integrales. En México, es importante estimar la cantidad de este gas que emiten las granjas avícolas y generar índices regionales y nacionales con el fin de proponer y emprender estrategias para reducir sus niveles y diagnosticar el nivel de daños que ocasiona a la salud de las aves, pérdidas económicas a las empresas, costos ambientales que generan los altos niveles de NH₃ y el efecto en la salud humana.

Literatura citada

- ALLAIN, V., L. Mirabito, C. Arnould, M. Colas, S. Le Bouquin, C. Lupo, and V. Michel. 2009. Skin lesions in broiler chickens measured at the slaughterhouse: Relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. *British Poultry Science* 50:407-417.
- ARELLANO, P. G. 2014. Conservación y calidad de la yacija en naves de pollos. Informe Veterinario albéitar. Portal veterinario. Consultado (27/11/2014) <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/13540/articulos-aves/conservación-y-calidad-de-la-yacija-en-aves-de-pollo.html>
- ARNOULD, C. 2013. Impacto de las pododermatitis en el bienestar de los pollos. Fisiología reproductiva y del comportamiento INRA (Nouzilly, Francia). <http://todoproductividad.blogspot.mx/2012/02/ventilacion-de-granjas-avicolas-2-parte.html>. Consultado 05-04-17.

- ASERCA. 2014. Pollo entero. <http://acerca.gob.mx/comercialización/PYP/avícolas/páginas/Avícolas-pollo.aspx> (accessed 10/16/14)
- BAO, Y. M., M. Choct, P. A. Iji and K. Bruerton. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Journal Applied Poultry Research*, 16:448-455.
- BEKER, A., S. L. Vanhooser, J. H. Swartzlander, and R. G. Teeter. 2004. Atmospheric ammonia concentration effects on broiler growth and performance. *Journal Applied Poultry Research*, 13:5-9.
- BILGILI, S. F., J. B. Hess, J. P. Blake, K. S. Macklin, B. Saenmahayak, and J. L. Sibley. 2009. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens *Journal Applied Poultry Research*, 18:583-589.
- BJERG, B., T. Norton, T. Bnahazi, G. Zhang, T. Bartzanas, P. Liberati, G. Cascone, I. Lee B., and A. Marucci. 2013. Modelling of ammonia emissions from naturally ventilated livestock buildings. Part 1. Ammonia release modelling. *Biosystems Engineering*, 116(3):232-245.
- BOKKERS, E. A. M., I. J. M. Boer, and P. Koene. 2011. Space need of broilers. *Animal welfare*, 20(4):623-632.
- BLANES, V., Hansen, M. N., Pedersen, S., Rom, H. B. 2008. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Ecosystems and Environ.*, 124:237-244.
- BOTTA N. 2002. Seguridad en el uso de amoniaco. RED PROTEGER. Derechos Reservados. Edición octubre 2002. pp 1-13.
- BRUCE, D. W., S. G. McIlroy, and E. A. Goodall. 1990. Epidemiology of a contact dermatitis of broilers. *Avian Pathology*, 19:523-537.
- ÇABUK, M., A. Alçiçek, M. Bozkurt, and S. Akkan. 2004. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. *International Journal Poultry Science* 3:651-654.
- CASEY, W. R., Brian, D., Fairchild, Y., Shepherd, E. M. 2010. <http://www.wattagnet.com/articles/5931-mejoramiento-de-la-calidad-de-las-patas-con-un-buen-manejo-de-la-cama> Consultado el 29/03/2017.
- CONSTABLE, M., M. Charlton, F. Jensen, R. G. Craig, and W. K. Taylor. 2003. An ecological risk assessment of ammonia in the aquatic environment. Human and Ecological Risk Assessment. *An International Journal*, 9(2):527-548.
- DAWKINGS, M. S., C. A. Donnelly and T. A. Jones. 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature International Weekly Journal of Science*, 427:342-344.
- DONALD J. 1997. Tendencias en el control ambiental en galpones avícolas. *Revista Industria Avícola*, 44(6):10-17.
- EKSTRAND, C., B. Algers, and J. Svedberg. 1997. Rearing conditions and foot-pad dermatitis in Swedish broiler chickens. *Preventive Veterinary Medicine*, 31:167-174.
- FERGUSON, N. S., R. S. Gates, J. L. Taraba, A. H. Cantor, A. J. Pescatore, M. L. Straw, M. J. Ford, and D. J. Burnham. 1998. The effect of dietary protein and phosphorus on ammonia concentration and litter composition in broilers. *Poultry Science*, 77:1085-1093.
- GARCÉS, A., S. M. Afonso, A. Chilundo, and C. T. Jairoce. 2013. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. *Journal Applied Poultry Research*, 22:168-176.
- GREENE, J. A., R. M. Mccracken, and R. T. Evans. 1985. A contact dermatitis of broilers-clinical and pathological findings. *Avian Pathology*, 14:23-38.
- GRIMES, J. L., J. Smith, and C. M. Williams. 2002. Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys. *World's Poultry Science Journal*, 58:515-526.
- GROOT, K. P. 1994. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59:73-87.
- HERNÁNDEZ, B.M., Rodríguez M.C., Lozano C., Castilla P. 2012. *Revista Latinoamericana Biotecnología Ambiental Algal*, 3(1):80-94.
- HESTER, P. Y., D. L. Cassens, and T.A. Bryan. 1997. The applicability of particleboard residue as a litter material for male turkeys. *Poultry Science*, 76:248-255.
- JODAS, S., y H. M. Hafez. 2001. Manejo de la cama y enfermedades relacionadas de los pavos. *Revista Avicultura Profesional*, 19(5):17-21.
- LAZAREVIC, M., R. Resanovic, I. Vucicevic, A. Kpcher, and C. A. Moran. 2014. Effect of feeding a commercial ammonia-binding product De-Odorase on broiler chicken performance. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 2(8):1-6.
- MARTÍNEZ-GASPAR, F De J., Ojeda-Barrios D. I., Hernández-Rodríguez A., Martínez-Téllez, J., y De la O Quezada, G. 2011. El exceso de nitratos: un problema actual en la agricultura. *Synthesis. Aventuras del pensamiento*. 57
- MEJIA-ARANGO, Bernardo. 2012. Patología aviar. Mi diagnóstico, su concepto. <http://patologiaaviarimidiagnostico.blogspot.mx/2012/09/amoniaco-causante-del-sindrome-de.html> Consultado el 03-04-2017.
- MEDINA-MORALES, M. Del C. y Cano-Ríos, P. 2001. Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos en la comarca lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 2(1):9-14.
- MARTLAND, M. F. 1985. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effects of wet litter. *Avian Pathology*, 14:353-364.
- MELUZZI, A., C. Fabbri, E. Folegatti, and F. Sirri. 2008b. Survey of chicken rearing conditions in Italy: Effects of litter quality and stocking density on productivity, foot dermatitis and carcass injuries. *British Poultry Science*, 49:257-264.
- MILES, D. M., D. E. Rowe, and T. C. Cathcart. 2011. High litter moisture content suppresses litter ammonia volatilization. *Poultry Science*, 90:1397-1405
- MILES, D. M., W. W. Miller, S. L. Branton, W. R. Maslin, and B. D. Lott. 2006. Ocular responses to Ammonia in Broiler Chickens. *Avian Diseases* 50(1):45-49.
- MILES, D. M., S. L. Branton, and B. D. Lott. 2004. Atmospheric Ammonia is detrimental to the performance of modern commercial Broilers. *Poultry Science* 83:1650-1654.
- MILES, D. M., Owens, P. R., Rowe, D. E. 2006. Spatial variability of litter gaseous flux within a commercial broiler house: ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide, and methane. *Poult. Sci.* 85:167-172.
- MILES, D. M., Brooks, J.P., McLaughlin M. R., Rowe, D. E. 2013. Broiler litter ammonia emissions near sidewalls, feeders and waterers. *Poultry Science*, 92:1693-1698.
- NOLLET, L., J. D. Van der Flis, M. Lensing, and P. Spring. 2007. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. *Journal Applied Poultry Research*, 16:592-597.
- PACHECO, A. J., M. R. Sauri y A. S. Cabrera. 1997. Impacto de la Porcicultura en el Medio Ambiente. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de Yucatán* 1(3):53-58.
- PATTERSON, P., and H. Adrizal. 2005. Management strategies to reduce air emissions: Emphasis-dust and ammonia. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(3):638-650.
- RITZ, C. V., B. Fairchild, and M. Lacy. 2004. Implications of Ammonia Production and Emissions from Commercial Poultry Facilities: A Review. *Journal Applied Poultry Research*, 13:684-692.
- RONEY, N., F. Llanos, S. Little, and D. B. Knaebel. 2004. Toxicological Profile of Ammonia. U.S. Department of Health and Human Services. 1-269.

- ROSTAGNO, H. S., L. F. T. Albino y J. L. Donzele. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3ª ed. UFV/DZO, pp 252.
- SAINSBURY, D. 2000. Poultry health and management-chickens, turkeys, ducks, geese, and quail. 4th ed. Oxford, UK: Blackwell Scientific. 204 p.
- SAGARPA. 2009. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México. SAGARPA.
- SAHOO, S. P., D. Kaur, A. P. Sethi, A. Sharma, and M. Chandra. 2015. Evaluation of *Yucca schidigera* extract as feed additive on performance of broiler chicks in winter season. *Veterinary World* 8(4):556-559.
- SANTIAGO-GÓMEZ, R., Cortés-Cuevas, A., López-Coello C., Ávila-González, E. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. *Vet. Méx*, 42(4):299-309.
- SIRRI, F., G. Minelli, E. Folegatti, S. Lolli, and A. Meluzzi. 2007. Foot dermatitis and productive traits in broiler chickens kept with different stocking densities, litter types and light regimen. *Italian Journal Animal Science* 6:734-736.
- SOLOMON, S., D. Qin, M. Manning, R. B. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J. M. Gregory, G. C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood, and D. Wratt, 2007: Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- SUNDER, G. S., Ch. V. Kumar, A. K. Panda, M. V. L. N. Raju, and S. V. R. Rao. 2013. Effect of supplemental organic Zn and Mn on broiler performance, bone measures, tissue mineral uptake and immune response at 35 days of age. *Research in Poultry Science*, 3(1):1-11.
- SHAO, D., J. He, J. Lu, Q. Wang, L. Chang, R. S. Shi, and H. T. Bing. 2015. Effects of sawdust thickness on the growth performance, environmental condition and welfare quality of yellow broilers. *Journal Poultry Science*, 94:1-6.
- SØRENSEN, P., G. Su, and S. C. Kestin. 2000. Effects of age and stocking density on leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science*, 79:864-870.
- SUMMERS, J. D. 1993. Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets. *Poultry Science*, 72:1473-1478.
- TAIRA, K., T. Nagai, T. Obi, and K. Takase. 2014. Effect of litter moisture on the development of footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*, 76:583-586.
- UNIÓN NACIONAL DE AVICULTORES (UNA): <http://una.org.mx/> consultado 27/11/14
- VAN DER SLUIS, W. 2010. El complejo zinc reduce las pododermatitis. *Revista Selecciones Avícolas*, 52(12):18-20.
- WEAVER, W. D., and R. Meuerhof. 1991. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science*, 70:746-755.
- WORKMAN, D., Yates J., Basden T., Merriner C. y DeGraft-Hanson, J. 2012. Acoplado de un biofiltro: Prototipo intercambiador de calor para un galpón de pollo. Ingeniería Aplicada en Agricultura. <http://www.wattagnet.com/articles/11527-reduccion-de-emisiones-contaminantes-del-aire-en-granjas-avicolas-mediante-un-biofiltro> Consultado el 05-04-2017.
- WYATT, R. 1985. La ventilación en los galpones. *Revista Avicultura Profesional*, 3(2):75-76. 

Este artículo es citado así:

Cohuo-Colli, J. M., J. Salinas-Ruiz, A. S. Hernández-Cázares, J. Valente Hidalgo-Contreras y J. Velasco-Velasco. 2017. El amoniaco en las explotaciones avícolas: efectos sobre las aves y el ambiente. *TECNOCENCIA Chihuahua* 11(2):82-91.

Resumen curricular del autor y coautores

JUAN MANUEL COHUO COLLI. Terminó su licenciatura en 2012, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su posgrado en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Veracruz, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable en el 2016, realizó una estancia de investigación en la Universidad Miguel Hernández Campus Orihuela, España en el Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente en el 2016, participación en ponencias dentro del marco del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, así como en ciclos de seminario del Colegio de Postgraduados del Campus Córdoba, participación en el proyecto de inventario de recursos florísticos de la selva baja caducifolia de Ixcamilpa, Puebla en la Universidad Autónoma Chapingo de 2012 a 2013, publicación de artículo sobre emisión de amoniaco, actualmente estudia el Doctorado en Ciencias en Edafología en el área de microbiología de Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

JOSAFHAT SALINAS RUIZ. Terminó su licenciatura en 1999 con el título de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Estudió la Maestría en Ciencias en Estadística Aplicada en el Colegio de Postgraduados, obteniendo su diploma de grado en marzo del 2003. En agosto del 2014 obtuvo el grado de Doctor of Philosophy (PhD) en el área de Estadística por parte de la Universidad de Nebraska- Lincoln, Estados Unidos de América. Desde julio del 2004 labora en el Colegio de Postgraduados como Académico Investigador en las áreas de Diseños experimentales, Modelación Estadística, Métodos Estadísticos, y Estadística Multivariada. Ha sido asesor de 3 tesis de maestría. Es autor de 1 artículo científico, coautor de 6 artículos y coautor de dos capítulos de libros. Ha fungido como árbitro de artículos científicos de revistas JCR nacionales e internacionales. Imparte y colabora en los cursos de estadística de maestría. Integrante del Núcleo Académico Básico (NAB) en posgrados de maestría del Colegio de Postgraduados, registrados ante el PNP-C-CONACYT. Actualmente está preparando un libro en Modelos Lineales Generalizados Mixtos: Usos y aplicaciones en las ciencias biológicas (80% de avances).

ALEIDA SELENE HERNÁNDEZ CÁZARES. Terminó su licenciatura en 1998, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agroindustrial por la Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su posgrado en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Economía en 2002 por el Colegio de Postgraduados y el grado de Doctor en el Programa de Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia en Valencia, España, realizando su investigación en el área de la carne y productos cárnicos en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos en el 2010. Desde 2002 labora en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba y posee la categoría de Profesor Investigador Titular. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2012 (Nivel 1 2012-2014; 2015-2019). Su área de especialización es la ciencia y tecnología de la carne y productos cárnicos, específicamente en aspectos de calidad. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura y 7 de maestría. Es autora de 18 artículos científicos y 7 de difusión, varias ponencias en congresos nacionales e internacionales y 2 capítulos de libros científicos; además ha impartido conferencias por invitación y tiene a su cargo 1 proyecto de CATEDRAS CONACYT. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales). Es árbitro de una revista científica de circulación internacional.

JUAN VALENTE HIDALGO CONTRERAS. Terminó su licenciatura en 1998 con el título de Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Estudió la Maestría en Ciencias en Estadística por parte del Colegio de Postgraduados, obteniendo su diploma de grado en enero del 2003. En agosto del 2014 obtuvo el grado de Doctor of Philosophy (PhD) en el área de Biometría por parte de la Universidad de Nebraska, Estados Unidos de América. Cuenta con una amplia experiencia en la industria de los alimentos, en empresas tanto nacionales (Unidad de Tecnología Lechera, Alpura) como transnacionales (Cargill de México-División Azúcar) en las áreas de: Procesos, Sistemas de Gestión de la Calidad y Seguridad Alimentaria. Desde julio del 2006 labora en el Colegio de Postgraduados como Académico Investigador en las áreas de Métodos Estadísticos, Estadística Multivariada, Diseños de Experimentos y Control Estadístico de la Calidad. Ha dirigido 2 tesis de maestría y asesor de 8 tesis de maestría. Es autor de 2 artículos científicos y coautor de alrededor de 6 artículos. Ha participado en congresos nacionales y fungido como árbitro de artículos científicos de revistas JCR nacionales. Imparte y colabora en los cursos estadísticos de maestría. Es integrante de dos Núcleos Académicos Básicos (NAB) en posgrados de maestría del Colegio de Postgraduados, registrados ante el PNP-C-CONACYT. Ha sido instructor en cursos de actualización a docentes de Institutos Tecnológicos.

JOEL VELASCO-VELASCO. Terminó su licenciatura en 1995, en 1996 le fue otorgado el título de Ingeniero en Agroecología por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó posgrado en Edafología, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en 2002 por el Colegio de Postgraduados y el grado de Doctor of Philosophy (PhD) en el área de manejo sustentable de cultivos en 2010 por la Universidad de Plymouth, Inglaterra. Desde 1997 labora en el área de Edafología en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba y actualmente posee la categoría de Profesor Investigador Adjunto. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2013 (candidato 2013-2017; Nivel 1 2018-2020). Su área de especialización es la emisión de amoniaco, óxido nítrico y CO₂ proveniente de actividades agropecuarias, y la dinámica microbiana y nutrimental en compostaje y vermicompostaje de residuos orgánicos agroindustriales. Ha dirigido 6 tesis de licenciatura y 5 de maestría, y asesorado 2 de doctorado. Es autor de 23 artículos científicos, más de 10 ponencias en congresos, y 3 capítulos de libros científicos. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT, árbitro de revistas científicas de circulación nacional e internacional y actualmente coordinador de la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable perteneciente al PNP-C-CONACYT.

Influencia académica en la organización social de productores como una estrategia para mejorar la producción ovina en Campeche, México

Academic influence on social organization of producers as a strategy to improve sheep production in Campeche, México

ÁNGEL FELIPE DZIB-CAN¹, ANA MARÍA ORTIZ DE-MONTELLANO-NOLASCO¹
Y GLAFIRO TORRES-HERNÁNDEZ^{2,3}

Recibido: Marzo 31, 2016

Aceptado: Mayo 9, 2016

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia académica de un grupo de profesores, estudiantes y pasantes de la carrera de Ingeniero Agrónomo del Instituto Tecnológico de Chiná (ITCh), Campeche, en un proyecto de vinculación con productores de ovinos del área de influencia del ITCh, mediante un programa de transferencia de tecnología. El estudio duró tres años (2002-2005) dividido en tres etapas (fases preliminar, organizativa, y metodológica) mediante visitas a las granjas, talleres de trabajo, y giras técnicas. En el estudio participaron 20 productores de seis granjas del área de influencia al ITCh; de estas granjas, cinco eran tecnificadas, siete semi-tecnificadas, y ocho de traspato, con promedios de vientres por granja de 160 ± 12 , 95 ± 7 , y 45 ± 5 , respectivamente. Los criterios de evaluación fueron: a) producción animal, b) trabajo académico, y c) organización de productores. Debido a que el estudio fue descriptivo, de los datos recopilados únicamente se obtuvieron porcentajes y promedios, a manera de estadísticos descriptivos. Al final del estudio se obtuvieron mejoras productivas en porcentajes de pariciones, supervivencia de corderos, se introdujeron sementales y pastos mejorados, se redujo el tiempo de engorda y mejoró el precio de venta de los animales. En el aspecto académico hubo adiestramiento, servicio social, elaboración de tesis y exámenes, redacción de informes y trabajos publicados por profesores, además de formación tecnológica-científica en pasantes de licenciatura. Por último, los productores ahora asisten con mayor frecuencia a eventos técnicos de la región y muestran mayor interés y dinámica en cursos, talleres, y reuniones técnicas.

Palabras clave: apoyo académico, producción animal, transferencia de tecnología, organización de productores, ovinos.

Abstract

Aim of this study was to evaluate the academic influence of a group of professors, students, and graduates of the Ingeniero Agrónomo Program at Instituto Tecnológico de Chiná (ITCh), Campeche, in a linkage project with sheep producers near ITCh through a technology transfer program. The study lasted 3 years (2002-2005) divided in 3 phases (preliminary, organizational, and methodological phases) by means of visits, workshops, and technical tours. Twenty producers of 6 farms near ITCh were involved in the study; of these farms, 5 were highly-technical farms, 7 were medium-technical farms, and 8 were backyard farms, with breeding ewes averages per farms of 160 ± 12 , 95 ± 7 , and 45 ± 5 , respectively. Criteria for evaluation were a) animal production, b) academic productivity, and c) organization of producers. Since this was a descriptive study, percentages and averages were only calculated from data collected, as descriptive statistics. At the end of the study improvements were observed on lambing percentages and lamb survival, improved sires and forages were introduced, the fattening period was reduced and the sale price increased at the same time. On the academic side there were training, social service, theses and exams, written reports and works by professors published, and a scientific-technological approach in graduates. Finally, producers now attend more frequently technical events in the zone, and show more interest and dynamics in courses, workshops, and technical meetings.

Keywords: academic support, animal production, technology transfer, organization of producers, sheep.

¹ INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ. Departamento de Ingeniería. Calle 11, entre 22 y 28, Col Centro. 24050 Chiná Campeche. Tel: (981) 827-20-82.

² COLEGIO DE POSTGRADUADOS-CAMPUS-MONTECILLO. Programa de Ganadería. 56230 Montecillo, Edo. de México. Tel: (595) 95-20279.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: glatohe@colpos.mx.

Introducción

El Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST), al cual pertenece el Instituto Tecnológico de Chiná (ITCh), Campeche, sustenta su proceso educativo en la sinergia de cinco procesos estratégicos: el académico, la planeación, la administración de recursos, la vinculación y difusión de la cultura, y la innovación y calidad sobre la base de estas premisas. Transcender para el SNEST significa que su personal y sus egresados impulsen la innovación, la creación y el desarrollo tecnológico, siempre desde la perspectiva de la sustentabilidad y el cultivo del humanismo (SNEST, 2005).

En materia de vinculación con el sector agropecuario, la transferencia de tecnología es un componente importante, que además implica la capacitación y asistencia técnica. En México se han destinado importantes esfuerzos y recursos a este componente; sin embargo, el cambio tecnológico experimentado ha sido mínimo. Esto se debe, no tanto a la falta de tecnología, sino a la ineficacia de los mecanismos de comunicación entre investigadores, extensionistas y productores (Román, 1994). En el caso de productores de bajos recursos, estos no adoptan la nueva tecnología por falta de escolaridad, sino porque esta no es compatible con sus necesidades, ni con sus condiciones físicas, sociales y económicas (Chambers y Ghildia, 1992). En este sentido, se ha afirmado (Arellano, 1994) que para los sistemas intensivos y comerciales se dispone de tecnologías que pueden incrementar considerablemente la productividad. Contrariamente, es muy limitada la oferta de tecnología apropiada y sostenible para los pequeños productores agropecuarios. Además, los modelos de transferencia tecnológica dominantes son estrictamente productivistas; o sea, no consideran el uso racional de los recursos naturales, ni los recursos de los productores de la localidad donde se trabaja.

En relación con la ovinocultura, el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios de México (SAGARPA, 2004) revela que la producción ovina en este país enfrenta una problemática compleja, existen rebaños pequeños con baja productividad, escasa

organización de productores y problemas sanitarios. Además, se estima que solo un 20% de las explotaciones ovinas se consideran tecnificadas o semi-tecnificadas, y el restante 80% son explotaciones de sistemas tradicionales o de traspatio. Esta ovinocultura no satisface la demanda del país, por lo que México tiene la necesidad de importar dos de cada tres kilos de carne ovina que se consumen (SIAP, 2006). Por tanto, para aprovechar este intenso mercado es necesario atender adecuadamente las necesidades de tecnología de las pequeñas unidades ovinas, por lo que se debe partir de una organización basada en una suma de voluntades de productores interesados y motivados, de instituciones académicas o de investigación que propongan, coordinen y evalúen el proceso, y de una identidad gubernamental que facilite los recursos (Jurado, 1997).

Consciente del papel que debe desempeñar en el desarrollo agropecuario de Campeche, el ITCh fomenta e impulsa las actividades de vinculación con el sector productivo, sobre todo con las poblaciones cercanas a su entorno. Una de estas acciones es la que desarrolla el Laboratorio de Ciencia Animal con los ovinocultores locales desde 2002. En este trabajo se resumen los resultados del impacto que tienen las actividades académicas en la producción animal y en la organización de un grupo de ovinocultores que facilite la implementación de un programa de transferencia de tecnología, que contribuya al mejoramiento de la productividad de los rebaños ovinos, y con ellos sentar las bases metodológicas para la construcción de un modelo de vinculación con el sector productivo.

Materiales y métodos

Por ser la institución sede, el ITCh invitó inicialmente a un grupo de 20 ovinocultores de seis comunidades cercanas al instituto a un taller de trabajo que se llevó a cabo en abril de 2002, en donde se presentó a los asistentes el programa del trabajo institucional de producción ovina, que pretende hacer realidad la vinculación con el sector productivo.

Las comunidades en cuestión tienen un clima cálido-húmedo, con lluvias en verano y otoño, una temperatura promedio de 26 a 27 °C y una precipitación promedio anual que va de 800 a 1,100 mm (INEGI, 2015).

De estos productores, cinco tenían granjas tecnificadas con un promedio de 160 ± 12 vientres por granja, siete tenían granjas semi-tecnificadas con un promedio de 95 ± 7 vientres por granja, y ocho tenían traspatio con un promedio de 45 ± 5 vientres por granja.

El estudio tuvo una duración total de tres años (2002-2005) y fue diseñado y conducido por profesores y estudiantes de Agronomía del ITCh, Campeche, siguiendo la metodología de la Investigación Acción Participativa (Bauselas, 2006), ya que para su aplicación requiere la constitución de un equipo de investigación, y que sus integrantes residan de preferencia en la localidad, o bien, muy cercanos a ella. Este trabajo se llevó a cabo en varias etapas, siguiendo el orden siguiente: I) fase preliminar: investigación explorativa o diagnóstica, la cual fue a base de cuestionarios y preguntas directas a los productores, trabajo a cargo de ocho estudiantes coordinados por tres académicos; II) fase organizativa: identificación de participantes potenciales (académicos y productores); participaron cuatro académicos y 20 productores, y III) fase metodológica: formulación del problema, objetivos y métodos. La fase I se llevó a cabo en cuatro meses, la fase II en dos meses, y la fase III en cinco meses, completando así nueve meses. La organización es un estado social muy difícil y frágil, pues se involucran muy diversos factores de índole social, económico, geográfico, religioso, entre

otros. En este caso, la dificultad más grande la impone el factor geográfico, debido a que los productores residen en seis poblaciones diferentes, y a pesar de que las distancias entre ellas no son grandes (menos de 25 km) la comunicación y las reuniones no siempre fueron las deseables. Bru y Basagoiti (2004) mencionan que el éxito de la investigación participativa es mejor cuando los participantes residen en localidades pequeñas o muy cercanas entre ellas.

Se organizó un taller en el que se abordaron los temas de la organización para la producción, el manejo zootécnico de los ovinos, la comercialización y la gestión. Como producto de este primer taller se generó un programa general, que fue suficientemente flexible para atender particularidades en las unidades productivas participantes. La corresponsabilidad y los beneficios entre los actores del programa se establecieron mediante la firma de un convenio.

La implementación, seguimiento y evaluación del programa fueron efectuadas por los profesores responsables del Laboratorio de Ciencia Animal, estudiantes de servicio social y de residencia profesional, así como la participación eventual de estudiantes en cumplimiento de sus actividades tecnológicas y prácticas de campo, especialmente de las asignaturas de Genética Aplicada, Zootecnia de Pequeños Rumiantes, Manejo de Pastizales, y de Reproducción, correspondientes al VII y VIII semestres de la Carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Producción Pecuaria. Se efectuó una visita semanal por unidad productiva. En actividades como identificación de animales, vacunas, desparasitaciones, selección y deshecho del pie de cría, entre otras, se requirió de mayor permanencia y apoyo para el productor; de igual manera, estos eventos zootécnicos constituyeron la oportunidad ideal para unir la teoría con la práctica, tanto en la profesionalización de los estudiantes como en la capacitación de los productores. Asimismo, la unión de la teoría con la práctica se fortaleció mediante las giras tecnológicas llevadas a cabo en importantes unidades ovinas de la región.

Para el seguimiento y evaluación se realizaron tres talleres en todo el periodo que duró el estudio para el fortalecimiento de la organización y siete más para la capacitación técnica, que fueron además los espacios para el intercambio de experiencias, de ideas y planeación; aunque es importante comentar que durante las visitas se propició el diálogo entre profesores, estudiantes y productores, con el afán de nutrir y fortalecer el programa de trabajo. También se efectuaron dos giras tecnológicas para el intercambio de experiencias con productores líderes. Como personal técnico participaron estudiantes de Ingeniería de Producción Pecuaria: cinco de servicio social, tres de residencias profesionales, un tesista de maestría y cuatro profesores, todos del ITCh; además, esta institución apoyó el proyecto al ofrecer la infraestructura de su Laboratorio de Ciencia Animal. Como resultado de la gestión se obtuvo financiamiento de dos proyectos que fortalecieron la infraestructura productiva y los rebaños de cada productor participante.

Para medir los resultados del impacto que tuvo la transferencia tecnológica en los rebaños de los productores (Cuadro 1), se tomaron las observaciones promedio de 12 productores de seis granjas vecinas al ITCh, representativas de los tres tipos de granja, recopilando información de: a) aspecto productivo animal (Cuadro 1), b) aspecto académico (Cuadro 2), y c) organización de los productores (Cuadro 3).

Finalmente, los datos recopilados no se sometieron a un análisis estadístico como tal, debido a que se trata realmente de un estudio descriptivo. Toda la información se capturó en hoja Excel, para posteriormente obtener promedios y porcentajes, a manera de estadísticos descriptivos simples (Steel y Torrie, 1960).

Resultados y discusión

Producción. En el Cuadro 1 se muestran resultados de algunos rubros productivos sobresalientes, derivados de la aplicación del proyecto.

Cuadro 1. Impacto de la transferencia tecnológica en la productividad de una organización de productores de ovinos en Campeche, México.

Componente tecnológico	Impacto	
	Antes (2002)	Después (2005)
Reproducción:		
• Particiones	75%	90%
• Supervivencia corderos	70%	90%
Sanidad:		
• Vacunas	Sin usar	Calendarizadas
• Desparasitación	Sin usar	Por condición corporal
Nutrición:		
• Pie de cría	Pastoreo sin suplemento	Suplementación estratégica
• Corderos	Pastoreo sin suplemento	Engorda intensiva
Mejoramiento genético:		
• Identificación de animales	Sin usar	Tatuajes y collares
• Selección de sementales	Sin hacer	Compra de sementales mejorados
Engorda:		
• Duración	10-12 meses	5-6 meses
• Precio de venta	\$ 14 kg ⁻¹ en pie	\$ 20 kg ⁻¹ en pie
Instalaciones:		
• Corrales y sombreaderos	Un solo corral de uso general	Corrales según etapa productiva
• Áreas de pastoreo	Pastoreo sin control	Control del pastoreo con uso de cercos
Pastos y forrajes:		
• Tipo de pastizales	Naturales	Pastos mejorados

Es importante dejar claro que el grado de aplicación de cada componente tecnológico es variable dentro de cada unidad productiva y entre unidades productivas, pues ello depende del interés y de la situación física y económica de la granja; que constituye la razón principal para que estos resultados sean considerados como promedios del conjunto de las granjas. Entre los aspectos del manejo zootécnico menos modificados están el control de los apareamientos, el control del pastoreo y la conservación del forraje para las épocas críticas (insuficiente disponibilidad de agua). Posiblemente esto se debe a que estas acciones requieren mayor labor e inversión para la adquisición de materiales y equipos.

En el caso de las desparasitaciones, además de la condición corporal del animal se toma en cuenta la época del año, pues se ha demostrado que la parasitosis se reduce (frecuentemente es inexistente), durante la época seca del año (Scott, 2005).

Académico. El impacto del proyecto en el desempeño académico del ITCh se observa de acuerdo a los productos que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Beneficios logrados en el desempeño académico del Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, a través de la vinculación con el sector productivo.

Participantes	Modalidad de participación	Grado de estudio	Producto
Estudiantes (4)*	Actividades tecnológicas	Del I al V semestre	Adiestramiento
Estudiantes (6)	Prácticas de campo de asignatura	VII y VIII semestres	Apoyo a las asignaturas de producción pecuaria
Estudiantes (6)	Servicio social	VII y VIII semestres	Informe de servicio social
Estudiantes (3)	Residencia profesional	IX semestre	Memoria de residencia y examen profesional
Estudiantes (2)	Investigación	Maestría	Tesis
Profesores (4)	Investigación vinculación	Licenciatura y postgrado	Informe publicación y divulgación en congresos
Becarios (5)	Investigación	Pasante de licenciatura	Formación tecnológica científica

* se refiere al número de participantes por modalidad de participación.

Las actividades tecnológicas que se mencionan en el Cuadro 2 se refieren a trabajos de campo que todo estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo, del I al V semestre, debe realizar en las áreas de campo (que también son de laboratorio, según la asignatura), que son aquellas actividades que contemplan los programas de las asignaturas para cumplir con las estrategia didáctica de teoría y práctica. Los resultados de la investigación se han presentado en varios foros científicos (Cuadro 3).

Organización de los Productores. El fomento y fortalecimiento de la organización se propiciaron mediante los talleres de capacitación, las visitas semanales a las unidades productivas, las giras tecnológicas, la gestión de recursos, la compra de insumos para la engorda de corderos y la comercialización.

Cuadro 3. Divulgación de los resultados del personal académico del Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, presentados en foros científicos.

Foro*	Trabajo presentado
XIII Congreso Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (DGETA)	Indicadores preliminares de la producción ovina en el Municipio de Campeche
XIV Congreso Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (DGETA)	Dinámica reproductiva de ovejas Pelibuey en empad্রে continuo
XV Congreso Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (DGETA)	Análisis de las prácticas de manejo ovino en el Municipio de Campeche
IV Seminario de Producción Intensiva de Ovinos. FMVZ UJAT, Tabasco	Conformación corporal de ovinos Blackbelly en rebaños comerciales del Municipio de Campeche

* se refiere a un solo foro.

Una de las debilidades provocada por la falta de uniformidad en el manejo zootécnico de los rebaños es la imposibilidad de formar grupos relativamente grandes de corderos finalizados con los cuales se puede realizar una mejor comercialización. Este hecho podría ser una de las fuerzas más importantes para el crecimiento y el fortalecimiento de la organización, debido a que se tendrían mejores ingresos y a que el productor tendría que intensificar sus actividades administrativas y de gestión.

Otro resultado del proyecto es la sensibilización que promovió en los productores la necesidad de conocer y aprender innovaciones tecnológicas, lo que se demuestra en la asistencia de ellos en los eventos técnicos que se realizan en la región; asimismo, los programas oficiales aprovechan la comunicación y organización de estos productores para el desarrollo de sus proyectos de extensión, capacitación y asistencia técnica, en general. Teóricamente, la Investigación Acción Participativa debe propiciar un estado más avanzado de organización, en donde los beneficiarios deben tener plena conciencia de su realidad, de sus

necesidades y de los factores que la condicionan. Debe dotar las habilidades y capacidades para la toma de decisiones, facilitar la autogestión y provocar la transformación positiva de todos los actores (Reneda *et al.*, 2003).

Conclusiones

En la producción de los animales se mejoraron aspectos como: porcentajes de pariciones, supervivencia de corderos, se implementó la suplementación estratégica, se utilizaron sementales mejorados, se utilizaron vacunas y desparasitantes, se redujo el tiempo de engorda y a la vez mejoró el precio de venta de los animales, se introdujeron pastos mejorados, principalmente. En el aspecto académico se lograron beneficios como: adiestramiento, servicio social, elaboración de tesis y exámenes de licenciatura de los estudiantes, redacción de informes y publicación de trabajos científicos y de divulgación presentados por profesores en diversos congresos, así como una formación tecnológica-científica en pasantes de licenciatura en calidad de becarios. Finalmente, en cuanto a la organización de productores, se alcanzaron beneficios como: los productores están ahora más motivados a conocer y aprender innovaciones tecnológicas, asisten con mayor frecuencia a eventos técnicos de la región, participan en proyectos oficiales (como DPAI, SAGARPA) con mayor interés y dinámica, específicamente en cursos, talleres y reuniones tecnológicas.

Literatura citada

- ARELLANO, S.C. 1994. Situación de la transferencia de tecnología pecuaria en América Latina y el Caribe. *In: consulta de expertos de la FAO sobre transferencia de tecnología en el Sector Ganadero*. Informe. México. p. 2-3.
- BAUSELAS, H. E. 2006. La docencia a través de la Investigación-Acción. *Revista Iberoamericana de Educación*. www.campus-oei.org/revista/deloslectores/682Bauselas.pdf.
- BRU, M.P. y R.M. Basagoiti. 2004. La Investigación Acción Participativa como metodología de mediación e integración comunitaria. *In: XVIII Conferencia Mundial de Promoción de Salud y Educación para la Salud*. Valorar la diversidad, reformar el poder, explorar trayectorias hacia la salud y el bienestar. Melbourne, Australia.
- CHAMBERS, R. y B.P. Ghildia. 1992. La investigación agrícola con agricultores con pocos recursos: el Modelo del Agricultor primero y último. *Agroecología y Desarrollo*. Número Especial 2/3.
- JURADO, G.J. 1997. Apuntes del VII Curso Internacional sobre Mejora Genética Animal. INIA. Madrid, España.
- INEGI. 2015. Anuario estadístico y geográfico de Campeche. Aguascalientes, Ags. 382 p.
- RENEDA, C., M.A. del Prada y W. Actis. 2003. Investigación Acción Participativa: Propuesta para un Ejercicio Activo de Ciudadanía. Colectivo IOE. www.node50.org/ioe.
- ROMÁN, P.H. 1994. Transferencia de Tecnología para los pequeños agricultores. *In: Consulta de Expertos de la FAO sobre Transferencia de Tecnología en el Sector Ganadero*. Informe. México. p. 4-5.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2004. Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. www.sagarpa.gob.mx./dpg/ftp/conargen.
- SCOTT, I., B. Pomroy, S. Morris, P. Kenyon, P. Morel y D. Burnham. 2005. Parasitismo en un sistema de pariciones anuales. *In: Novel Approaches to the Control of Helminth Parasites of Livestock*. «Worm control or Worm Management: New Paradigms in Integrated Control». Mérida, Yucatán, México. p.63.
- SISTEMA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA (SNEST). 2005. Modelo Educativo para el Siglo XXI. SEP. México. p. 11-15.
- STEEL, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co., New York. 

Este artículo es citado así:

Dzib-Can, Á. F., A. M. Ortiz de-Montellano-Nolasco y G. Torres-Hernández. 2017. Influencia académica en la organización social de productores como una estrategia para mejorar la producción ovina en Campeche, México. *TECNOCENCIA Chihuahua* 11(2):92-98.

Resumen curricular del autor y coautores

ÁNGEL FELIPE DZIB CAN. Es Ingeniero Agrónomo con especialidad en Ciencia Animal, egresado en 1985 del Colegio Superior de Agricultura Tropical en Tabasco, México. Se graduó en la Maestría en Agricultura Tropical en el Colegio de Postgraduados en el 2004. Desde 1985 es Profesor de Tiempo Completo, en el Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México. Fue Subdirector Académico del Instituto y su desempeño docente y de desarrollo tecnológico es en ganadería tropical, con énfasis en ovinos. Fue evaluador de proyectos de los Fondos Mixtos del Conacyt en Campeche y de la Fundación Produce-Campeche. Ha conducido 10 Proyectos de Investigación y capacitación financiado por diferentes organismos nacionales. Tiene 16 ponencias en Congresos de Investigación Nacional e Internacional. Ha dirigido 33 tesis de licenciatura y publicado tres artículos científicos.

ANA MARÍA ORTIZ DE MONTELLANO NOLASCO. Es Ingeniero Agrónomo especialista en Sistemas de Producción Pecuaria, egresada en 1995 del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 5 de Chiná Campeche, México. Obtuvo la Maestría y el Doctorado en Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma de Yucatán. Fue Directora del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 5. Ha laborado en varias Instituciones del gobierno federal y estatal. Asesora en el sector productivo. Su desempeño docente y de investigación lo ha dirigido en la conducta reproductiva de pequeños rumiantes. Fue evaluadora de proyectos de los Fondos Mixtos del Conacyt en Campeche y de la Fundación Produce-Campeche. Ha conducido 11 Proyectos de Investigación y capacitación financiado por diferentes organismos nacionales. Tiene ponencias en Congresos de Investigación Nacional e Internacional. Ha dirigido seis tesis de licenciatura, cuatro de maestría, ha publicado tres libros y cinco artículos científicos.

GLAFIRO TORRES HERNÁNDEZ. Es Ingeniero Agrónomo Zootecnista egresado en 1968 de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. Obtuvo la Maestría en Ciencias en 1974 de New Mexico State University, Las Cruces, NM, y el Doctorado en Ciencias en 1979 de Oregon State University, Corvallis, OR. Es Profesor Investigador Titular del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Su principal línea de investigación es en Mejoramiento Genético de ovinos y caprinos. Sus actividades de enseñanza están dirigidas a cursos sobre mejoramiento genético de pequeños rumiantes. Es revisor de artículos en varias revistas científicas nacionales y extranjeras, de proyectos de investigación sometidos al Conacyt. Fue Profesor Titular de cursos de mejoramiento genético durante 30 años en la FES-Cuautitlán (UNAM). Ha ocupado varios cargos administrativos en el Colegio de Postgraduados. Ha graduado a 18 estudiantes de Licenciatura, 55 de Maestría y 21 de Doctorado. Ha colaborado en 7 capítulos de libro, es Editor de un Libro sobre Recursos Zootécnicos Criollos en México. Ha publicado 145 artículos en revistas científicas nacionales y extranjeras. Actualmente es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.

TECNOCIENCIA

Chihuahua

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



ESCUPTURA DEL COMPLEJO DEPORTIVO UACH
EN EL CAMPUS II
AUTOR: LUIS YAOTL ARAGÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

TECNOCIENCIA

Chihuahua

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



ESCUPTURA DEL COMPLEJO DEPORTIVO UACH
EN EL CAMPUS II
AUTOR: LUIS YAOTL ARAGÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA