

TECNOLOGIA Ciencia Chihuahua

Revista de ciencia, tecnología y humanidades
Universidad Autónoma de Chihuahua



Destete precoz en ganado criollo
mexicano de rodeo

Metarhizium anisopliae sobre
larvas de *Galleria mellonella*



Beauveria bassiana sobre larvas
de *Galleria mellonella*

latindex

\$60.00
Volumen III
Número 1
Ene-Abr 2009
ISSN: 1870-6606





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

C.P. RAÚL ARTURO CHÁVEZ ESPINOZA
Rector

ING. HERIBERTO ALTÉS MEDINA
Secretario General
DR. ALFREDO DE LA TORRE ARANDA
Director Académico

LIC. ALONSO GONZÁLEZ NÚÑEZ
Director de Extensión y Difusión Cultural
PH. D. ARMANDO SEGOVIA LERMA
Director de Investigación y Posgrado

C. P. MANUEL MENDOZA GARCÍA
Director de Planeación y Desarrollo Institucional
C. P. ROBERTO ZUECK SANTOS
Director Administrativo

TECNOCIENCIA Chihuahua

Comité Editorial Interno

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA
Editor en Jefe

Editores asociados

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

DR. JUAN OLLIVIER FIERRO
DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ

DRA. LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE
DR. LUIS CÉSAR SANTIESTEBAN BACA
DRA. MARÍA DE LOURDES VILLALBA

Consejo Editorial Internacional

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

DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Colegio de Posgraduados, México

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

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

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

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

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

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ
Instituto Politécnico Nacional, México

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

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

DRA. ANGELA BEESLEY
University of Manchester, Reino Unido

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

DR. RICARD GARCÍA VALLS
Universitat Rovira I Virgili, España

DR. LUIZ CLOVIS BELARMINO
Faculdade Atlantico Sul, Brasil

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

L.S.C.A. MARTHA IVETTE ACOSTA CHÁVEZ
Asistente editorial y Diseño

Contenido

Definición de la revista

I

Editorial

II

El científico frente a la sociedad

Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos

*Ricardo Olivas-Gastélum,
Guadalupe Virginia Nevárez-Moorillón,
María Guadalupe Gastélum-Franco*

1

Medio Ambiente y Desarrollo
Sustentable

Presencia de arsénico en la sección norte del acuífero Meoqui-Delicias del estado de Chih, Mx.

*María Socorro Espino-Valdes,
Yaravi Barrera-Prieto
Eduardo Herrera-Peraza*

8

Alimentos

Sincronización de estros en bovinos con dos fuentes de prostaglandinas

*María Elena Romero-Santamaría,
Alberto Flores-Mariñelarena, José Arturo García-Macías,
Alfredo Anchondo-Garay, Carlos Rodríguez-Muela,
Lorenzo Antonio Durán-Meléndez
Jorge Alfonso Jiménez-Castro*

19

Destete precoz en ganado criollo mexicano de rodeo

*Óscar Ruiz-Barrera, Alfredo Anchondo-Garay,
Alberto Flores-Mariñelarena, José Gonzalo Ríos-
Ramírez, Felipe Rodríguez-Almeida,
Yamicela Castillo-Castillo*

27

Condiciones para el desarrollo de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de chapulín frijolero

*C. Gerardo Barajas-Ontiveros,
María Dolores Morales-Romano,
Elio Minel Del Pozo-Núñez
María de Lourdes Rodríguez-Aguilar
Juan Javier Núñez-López*

33

Creatividad y Desarrollo Tecnológico

Evaluación Diagnóstica y Admisión de Aspirantes a la Educación Superior: Algunas notas metodológicas

Carlos Ibañez-Bernal

39

Guía para autores de escritos científicos

47

Definición de la Revista *TECNOCENCIA Chihuahua*

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

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

Objetivos

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

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

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

Visión

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

Tipos de escritos científicos

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

A quién se dirige

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

Editorial

Con el fascículo 7 iniciamos el tercer año de la publicación de TECNOCIENCIA Chihuahua, revista arbitrada e indizada. Hemos logrado ya el registro en LATINDEX, Sistema Regional de Información en línea, que agrupa revistas científicas editadas en América Latina, El Caribe, España y Portugal. Gracias a su inclusión en esta base de datos, TECNOCIENCIA Chihuahua tendrá una mayor presencia y visibilidad a nivel internacional.

Como resultado de la indización de nuestra revista en LATINDEX, se han incrementado significativamente: el número de visitas al sitio Web, los artículos provenientes de instituciones de educación superior y de centros de investigación, así como el canje de revistas académicas con diversas universidades del país. Por otro lado, actualizamos el directorio postal, el cual incluye más de 500 instituciones y organizaciones a quienes les hemos enviado gratuitamente ejemplares de nuestra revista científica.

Anunciamos a nuestro lectores que la página Web de nuestra revista se ha mejorado (<http://tecnociencia.uach.mx>). Nuestra revista es de acceso abierto a todo público; ahora podrán navegar en ella con mayor facilidad, revisar e imprimir los artículos publicados, que abordan una variedad de temas de interés y sin costo alguno para el usuario.

Aprovechamos la oportunidad para agradecer a quienes han hecho posible la realización de este proyecto. En primer lugar, al C.P. Raúl Arturo Chávez Espinoza Rector de la Universidad Autónoma de Chihuahua, quien no ha escatimado recurso alguno para la publicación de TECNOCIENCIA Chihuahua, revista editada por la Dirección de Investigación y Posgrado. También agradecemos a los autores, quienes nos han confiado sus artículos; a nuestros apreciables árbitros, por invertir su valioso tiempo, conocimientos y experiencia, en la revisión y edición de los artículos científicos que publicamos periódicamente.

Finalmente, nuestro sincero agradecimiento al Comité Editorial Interno y al equipo editorial por las interminables horas dedicadas a la revisión de artículos, preparación de la muestra y edición de cada fascículo.

*Ph. D. Armando Segovia Lerma
Director de Investigación y Posgrado*

*Ph. D. César Humberto Rivera Figueroa
Editor en Jefe*

Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos

Difference tests in the sensorial analysis of food

RICARDO OLIVAS-GASTÉLUM¹, GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ-MOORILLÓN²,
MARÍA GUADALUPE GASTÉLUM-FRANCO²

Resumen

La evaluación sensorial de alimentos es de suma importancia en la investigación y el desarrollo de alimentos. El tipo de análisis sensorial dependerá del tipo de información requerida, y en este sentido, el presente artículo provee un panorama de las estrategias utilizadas en pruebas de diferencia, que se utilizan cuando se desea conocer si dos alimentos son perceptiblemente distintos. Las pruebas de diferencia son ampliamente usadas tanto en la academia como en la industria, con aplicaciones en el control de calidad, el estudio del impacto por cambios en la formulación o el proceso, la habilidad de los consumidores para discriminar entre dos productos similares, entre otras aplicaciones. Primero, se presenta una revisión de las pruebas discriminativas, haciendo énfasis en los diferentes tipos de pruebas, para luego describir las teorías de análisis estadístico de resultados, describiendo especialmente, los diversos problemas que se presentan en este tipo de pruebas. Finalmente, se presenta la modelación Thurstoniana que puede ser usada para obtener información, considerando el procesamiento central en el cerebro. La consideración de todas estas variables permitirá la selección del protocolo más adecuado en investigaciones de evaluación sensorial con este tipo de pruebas.

Palabras clave: Análisis sensorial, pruebas estadísticas, pruebas de diferencia

Abstract

Food sensorial analysis is an important area in research and development of new food alternatives. The type of sensorial analysis used, will depend on the type of information required; in this sense, this article contains a panoramic view of some difference tests, which are used to determine if there are perceptible differences among two food sample. These tests are widely used both in academy and industry, in applications such as food process quality control, evaluation of the impact on changes in food process or formulation, as well as for the ability of consumers to distinguish between two similar products, among other applications. First, there is a revision of discriminative tests, emphasizing on the different test included; then, the descriptions of the theories of analysis of results are included, especially describing the problems related to those analyses. Finally, the Thurstonian modeling is explained, that can be used to obtain information, considering the central processing of information that is carried out in the brain. The consideration of all the above variables, will allow select the most appropriate protocol for the type of sensorial analysis required in a particular food analysis

Keywords: Sensorial analysis, statistical tests, difference tests

Introducción

La aceptación de los alimentos por los consumidores, está muy relacionada con la percepción sensorial de los mismos, y es común que existan alimentos altamente nutritivos, pero que no son aceptados por los consumidores. De aquí parte la importancia del proceso de evaluación sensorial en los alimentos, siendo ésta una técnica de medición tan importante, como los métodos químicos, físicos y microbiológicos.

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos, y deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido (Anzaldúa – Morales, 1994). Las técnicas de evaluación sensorial

tienen fundamento científico al igual que otros tipos de análisis, al ser respaldadas por la estadística y la psicología, entre otras disciplinas. El estudio sensorial es de suma importancia en la industria de los alimentos

¹ Estudiante de posgrado. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas, Cholula, Puebla, 72820, México. Tel (222) 229 2126 Fax (222) 229 2727. Correo electrónico: ricardo.olivasgm@udlap.mx

² Profesor-Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Apdo. Postal 1542-C Chihuahua, Chihuahua 31170 México. Tel/Fax (614)414-4492. Correo electrónico: vnevare@uach.mx, ggastel@uach.mx

y tiene aplicaciones aún insospechadas, si tan solo se estudia seria y cuidadosamente. La evaluación sensorial de alimentos se lleva a cabo por medio de diferentes pruebas, dependiendo del tipo de información que se busque obtener. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, las de discriminación, y las descriptivas. Las pruebas afectivas son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación de un producto a partir de la reacción del juez evaluador. Por otro lado, las pruebas de discriminación son aquellas en las que se desea establecer si dos muestras son lo suficientemente diferentes para ser catalogadas como tal. Finalmente, las pruebas descriptivas intentan definir las propiedades de un alimento y medirlas de la manera más objetiva posible (Anzaldúa – Morales, 1994). Cada tipo de prueba busca obtener información de una o varias muestras de alimento, no obstante, el tipo de información a obtener es muy diferente para cada una de ellas. El objetivo del presente documento, es hacer una revisión de diversas pruebas discriminativas, considerando sus características y utilidad.

Pruebas discriminativas. Se deben usar cuando un investigador desea determinar si dos muestras son perceptiblemente diferentes (Stone y Sidel, 1993). Es posible que dos muestras tengan formulaciones químicamente diferentes, pero la percepción sensorial de las personas sea incapaz de percibir la diferencia. El desarrollo de productos se basa en esta posibilidad, al reformular los ingredientes de los alimentos, procurando que el consumidor no detecte diferencia alguna. Por otro lado, cuando se busca reformular para crear un producto nuevo o mejorado, es deseable que el consumidor detecte diferencia entre el producto nuevo y el ya existente (Lawless y Heymann, 1999).

Las pruebas discriminativas son concebidas como pruebas simples, sin embargo, la teoría asociada a éstas las hace más complejas de lo que se considera inicialmente. Las pruebas discriminativas son ampliamente utilizadas en la academia y en la industria, en los procedimientos de control de calidad, en el estudio del impacto por cambios en la formulación o el proceso, así como en la habilidad de los consumidores para discriminar entre dos productos similares (Lee *et al.*, 2007). Las pruebas de discriminación son de mayor utilidad cuando se tienen solamente dos productos para evaluar. Esto no debe confundirse con el número de muestras que utilizan los distintos procedimientos, ya que hay pruebas que presentan más de dos muestras a los evaluadores, pero evalúan diferencia entre dos

productos. Es posible realizar pruebas de diferenciación de más de dos productos, pero no son eficientes y carecen de fondo estadístico (Lawless y Heymann, 1999).

Existen distintos tipos de pruebas discriminativas; algunas buscan establecer si hay o no diferencia entre dos muestras, independientemente de la razón por la cual se podría generar esta. Por otro lado, también existen pruebas de diferencia que identifican un atributo o característica como la fuente de posible diferencia (e.g. dulzura, amargor, sabor a cocido). La estrategia cognitiva para cada prueba es diferente, por tanto su eficacia para encontrar diferencias varía, aún cuando la diferencia real entre dos muestras sea constante (O'Mahony y Rousseau, 2002).

Tipos de pruebas discriminativas. Estas se clasifican como se indica a continuación:

Pruebas de comparación apareada. Hay dos maneras de realizar esta prueba: indicando el atributo a comparar (prueba de decisión forzada con dos alternativas) o sin indicarlo (prueba igual-diferente). El uso de una u otra depende del objetivo del estudio. Si el experimentador conoce la fuente de la diferencia entre las dos muestras, puede utilizar cualquiera de los dos tipos. Sin embargo, si la diferencia es debida a más de un atributo, o si el origen de la diferencia no es claro, es necesario utilizar el segundo tipo. Las pruebas de diferencia que indican atributos específicos a evaluar, como la 2-AFC y 3-AFC, son más poderosas que aquellas que no los especifican como la dúo – trío y la triangular (O'Mahony y Rousseau, 2002). No obstante, cuando se trabaja con jueces no entrenados en detectar atributos específicos, como consumidores, es comprensible el uso de pruebas más sencillas.

Prueba igual-diferente. Esta prueba consiste en determinar si dos muestras difieren o no, sin especificar la o las dimensiones de la diferencia. Es de utilidad cuando se evalúan cambios en la formulación que pueden afectar más de un parámetro. Un ejemplo sería un estudio sobre dos pasteles idénticos en formulación excepto por la cantidad de azúcar. Además del dulzor del pastel, es probable que otros parámetros como la textura o el color de la corteza cambien tras la reformulación. Sería incorrecto evaluar solamente el cambio en el dulzor, ya que subestimaría la diferencia que existe entre los dos productos. En el desarrollo de esta prueba, se presentan al juez dos muestras simultáneamente y se le pide que indique si percibe las muestras como iguales o diferentes. Un ejemplo de la hoja de respuesta de esta prueba se observa en la

Figura 1. La tarea del juez evaluador es comparar las dos muestras y decidir si son similares o diferentes. Esta prueba tiene cuatro posibles secuencias de presentación (AA, BB, AB, BA) que deben ser presentadas en igual número y de manera aleatoria entre los jueces (Lawless y Heymann, 1999).

Fecha _____			
Ante usted hay dos pares de muestras.			
Pruebe las muestras del primer par en la secuencia que es presentada, de izquierda a derecha. Indique si las muestras son iguales o diferentes.			
Proceda de la misma manera con el segundo par.			
Par			
1	_____	Iguales	Diferentes
2	_____	Iguales	Diferentes

Figura 1. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba igual-diferente

Prueba triangular. En esta prueba se presentan tres muestras simultáneamente, dos de ellas son idénticas y una es de una formulación diferente. El panelista debe indicar cual de las tres es la muestra diferente (Figura 2). Al igual que con la prueba igual-diferente, esta prueba permite al investigador conocer si existe diferencia perceptible entre dos productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia (Anzaldúa-Morales, 1994). La hipótesis nula para la prueba triangular establece que la probabilidad de escoger la muestra diferente cuando no existe diferencia entre las muestras es de uno en tres ($H_0: P_t=1/3$). Para esta prueba, existen seis posibles secuencias de presentación de las muestras (AAB, ABA, BAA, BBA, BAB, ABB) que deben ser presentadas a los jueces en igual número y de manera aleatoria.

Fecha _____		
Ante usted hay tres muestras. Dos de ellas son iguales entre sí.		
Pruebe las muestras e indique con un círculo cuál es la muestra diferente.		
_____	_____	_____

Figura 2. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba triangular

Prueba dúo-trío. En esta prueba se presentan tres muestras simultáneamente al juez. Una de ellas está identificada como referencia y es idéntica a una de las dos muestras identificadas con código. La tarea del juez es identificar la muestra codificada más similar a la referencia. Al igual que la prueba triangular, permite identificar si hay diferencia entre dos productos, pero no indica en qué atributo difieren. Para esta prueba, hay dos formatos a seguir: con referencia constante o con referencia balanceada (Figura 3). Cabe resaltar que para el juez evaluador no existe diferencia entre ambos formatos. El formato de referencia constante, todos los panelistas reciben la misma muestra referencia, dando como consecuencia dos secuencias de presentación (RA AB, RA BA). Por otro lado, cuando se usa referencia balanceada, la mitad de los panelistas reciben una muestra como referencia y la otra mitad reciben la otra, obteniendo así cuatro secuencias de presentación (RA AB, RA BA, RB AB, RB BA). Este último método es de utilidad cuando ambos productos son prototipos y los evaluadores no están familiarizados con ninguno de éstos, o cuando la cantidad del producto más conocido no es suficiente para hacer la prueba con referencia constante (Lawless y Heymann, 1999).

Fecha _____	
Frente a usted hay una muestra de referencia, marcada con R, y dos muestras marcadas con claves. Una de las muestras es idéntica a R y la otra es diferente. Pruebe primero la muestra de referencia, y después las otras muestras en el orden en que son presentadas, de izquierda a derecha. Indique con un círculo el número de la muestra más parecida a la muestra de referencia.	
Referencia	_____ _____

Figura 3. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba dúo-trío.

Prueba ABX. La prueba ABX es un ejercicio de emparejamiento a la muestra. El panelista recibe dos muestras de referencia, una siendo el control y otra la muestra «modificada» que generalmente tiene un cambio en su formulación o en su procesamiento. Además, recibe una muestra X que es igual a una de las referencias expuestas y el juez deberá indicar a qué muestra de referencia es idéntica (Huang y Lawless, 1998; Lawless y Heymann, 1999; MacMillan y Creelman, 1991). En esencia, este ejercicio se asemeja a una prueba dúo-trío en reversa (Figura 4). En teoría, al recibir dos muestras

referencia, el juez inspecciona las dos referencias y descubre la naturaleza de la diferencia entre ambas, si es que hay (Huang y Lawless, 1998). Al ser presentadas todas las diferencias al juez, la prueba debería tener las mismas ventajas que las pruebas duales tradicionales (O'Mahony *et al.*, 1994). El periodo de inspección de las muestras referencia puede servir como periodo de «calentamiento». Asimismo, es posible que la prueba esté aventajada por el hecho de que sólo se evalúa una muestra desconocida, induciendo a menos fatiga sensorial o adaptación. La naturaleza de la diferencia no es especificada a los panelistas, lo que representa un desafío para descubrirla; no obstante, la variación natural característica de los alimentos podría representar una falsa señal y atraer la atención de los jueces sobre características que no son realmente diferentes entre las muestras (Lawless y Heymann, 1999).

Fecha _____

Frente a usted hay dos muestras de referencia marcadas con A y B respectivamente, y una muestra X. La muestra X es idéntica a A ó a B. Indique con un círculo a qué referencia es idéntica la muestra X.

A
B

X

Figura 4. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba ABX.

Se han desarrollado numerosos estudios para definir los métodos de discriminación más poderosos, con el fin de disminuir la imprecisión de resultados o conclusiones. Entre más poderosa es una prueba, mayor la probabilidad de que esta encuentre diferencia entre dos muestras cuando ésta diferencia exista (Rousseau *et al.*, 2002)

Análisis de resultados de las pruebas discriminativas. Existen varios métodos tradicionales para analizar los datos obtenidos de pruebas discriminativas. Todos ellos asumen que el juez fue obligado a escoger una respuesta, es decir, escogieron una respuesta aún cuando no supieran con precisión la respuesta.

Distribución binomial. Este análisis permite al investigador determinar si el resultado del estudio es debido al azar o si los panelistas realmente percibieron diferencias entre las muestras. La Ecuación 1 calcula la probabilidad de acierto (decisión correcta, p), o la

probabilidad de fracaso (decisión incorrecta, q):

$$\text{Ecuación 1} \quad P(y) = \frac{n!}{y!(n-y)!} p^y p^{n-y}$$

Donde n es el número total de juicios, y es el número de aciertos y p es la probabilidad de acertar por azar.

A partir de esta ecuación, Roessler y colaboradores (1978) publicaron tablas para cada prueba en las que a partir del número total de jueces se indica el número de juicios correctos mínimo para indicar diferencia significativa entre dos productos.

Prueba Chi-cuadrada (X^2) ajustada. Este método permite comparar frecuencias observadas contra frecuencias esperadas hipotéticamente. En la ecuación de cálculo es necesario corregir la continuidad ya que la distribución es continua. El estadístico chi-cuadrada se estima a partir de la Ecuación 2:

$$\text{Ecuación 2} \quad X^2 = \left[\frac{(O_1 - E_1)^2 - 0.5}{E_1} \right] + \left[\frac{(O_2 - E_2)^2 - 0.5}{E_2} \right]$$

Donde O_1 corresponde al número de respuestas correctas observadas, O_2 corresponde al número de respuestas incorrectas observadas, E_1 es el número de correctas esperado, igual al número de evaluaciones multiplicado por la probabilidad de tener una respuesta correcta ($p = 0.500$ para dúo-trío, $p = 0.333$ para triangular, etc.) y E_2 es el número de incorrectas esperado, igual al número de evaluaciones multiplicado por la probabilidad de obtener una respuesta incorrecta por azar ($q = 0.500$ para dúo-trío, $q = 0.667$ para triangular, etc.). Con esta información, y utilizando una tabla de X^2 , es posible analizar los resultados. Para utilizar correctamente las tablas, es importante considerar que a partir de que se evalúan dos productos, el valor de grados de libertad de la prueba es uno ($gl = \text{número de elementos} - 1$).

Distribución normal y prueba Z. Es posible utilizar el área bajo la curva de la probabilidad normal para estimar la probabilidad de una respuesta en este tipo de pruebas. Las tablas asociadas con la curva normal utilizan áreas bajo la curva asociadas con valores específicos de la desviación normal (z). Stone y Sidel (1978) propusieron una ecuación para obtener el valor de z específico para pruebas de diferencia:

Ecuación 3
$$Z = \frac{X - np - 0.5}{\sqrt{npq}}$$

En esta ecuación, X es el número de respuestas correctas, n es el número total de respuestas y p y q son la probabilidad de obtener una respuesta correcta e incorrecta respectivamente (dependiente de la prueba que se utilice: 1/3 para triangular, 1/2 para dúo-trío, etc.). En esta ecuación también se observa el factor de corrección por continuidad. Con el valor de z se obtiene de tablas la probabilidad de que se este tomando la decisión por azar.

Problemas en las pruebas de discriminación. Existen dos tipos de errores que se pueden cometer al probar una hipótesis nula (H0 para cualquier prueba). El primero de estos, el Error Tipo I (α) ocurre cuando se rechaza la hipótesis nula cuando en realidad es cierta, es decir, asegurar que dos productos son percibidos como diferentes cuando en realidad no son perceptiblemente diferentes. El Error Tipo II (β) se refiere al riesgo de no encontrar una diferencia cuando en realidad existe. El poder de una prueba está definido como $1 - \beta$ (Ennis, 1993).

Un error típico en las pruebas discriminativas es no saber lo que realmente significan los resultados o la interpretación incorrecta de éstos. Si un estudio de discriminación entre dos productos es llevado a cabo correctamente y se concluye que no hay diferencia entre estos productos, es innecesario realizar un estudio de preferencia entre éstos; si la diferencia entre ambos es imperceptible, ninguna de las muestras será realmente preferida sobre la otra. No obstante, lo anterior no funciona al revés. Cuando se lleva a cabo un estudio de preferencia y en éste no hay diferencia significativa entre ambos productos, no significa que las muestras son diferentes entre sí. El resultado del estudio indica que las dos muestras tienen el mismo nivel de agrado/desagrado, mas no que son iguales entre sí (Lawless y Heymann, 1999)

Como se mencionó anteriormente, en el análisis tradicional de resultados de las pruebas de discriminación, se llevaba a cabo un análisis estadístico correspondiente al número de respuestas correctas e incorrectas y se llega a una conclusión. Sin embargo, es necesario analizar más a fondo lo que sucede realmente en este tipo de pruebas, para entender la sensibilidad relativa de las pruebas y el proceso cognitivo que lleva a cabo el juez evaluador cuando responde. El problema central en las pruebas de

diferencia es la desviación de respuesta, que consiste en que un juez que puede discriminar entre dos muestras, reporte que lo puede hacer (O'Mahony y Rousseau, 2002). La naturaleza de este problema tiene que ver con la prueba que se utilice.

Modelación Thurstoniana. El trabajo de Thurstone en 1927 (O'Mahony y Rousseau, 2002) fue capaz de proveer un análisis de resultados más apropiado a pruebas de discriminación y otras pruebas en el análisis sensorial. En este análisis se calcula el valor de d' como índice para describir el grado de diferencia percibido entre dos productos. A mayor valor de d', mayor la diferencia entre éstos. Se han desarrollado numerosos estudios basándose en este análisis para el estudio de diferentes pruebas sensoriales, y su uso en la determinación de pequeñas diferencias sensoriales entre dos productos (Hautus y Irwin, 1995; Huang y Lawless, 1998; Masuoka *et al.*, 1995; Rousseau y O'Mahony, 1997, 2000, 2001; Rousseau *et al.*, 1998; Rousseau *et al.*, 1999; Rousseau *et al.*, 2002; Stillman e Irwin, 1995). La mayoría de estos estudios se han realizado bajo condiciones controladas en laboratorio.

Son dos los conceptos principales detrás de la modelación Thurstoniana: por un lado, cada vez que se prueba un producto, su sabor varía en intensidad, ya sea como resultado de efectos fisiológicos o por falta de homogeneidad en la muestra. Por otro lado, existe una regla de decisión o estrategia cognitiva para tomar la decisión.

Cuando un alimento es probado repetidamente, en ocasiones se percibirá el sabor más intensamente o menos intensamente, sin embargo, existirá una intensidad promedio que ocurrirá con mayor frecuencia. Esta variación en intensidad se debe a diversas razones como la adaptación al estímulo por parte del juez, o por falta de homogeneidad en la muestra. Independientemente del origen de la variación, ésta puede ser representada por una distribución de frecuencia continua a lo largo de un eje de intensidad de sabor (Figura 4). La intensidad al momento de probar la muestra caerá en algún lugar del eje y dicha intensidad se repetirá más comúnmente entre más cerca de la media se encuentre.

Usando estos conceptos, dos estímulos que pueden confundirse entre sí, pueden ser representados por dos distribuciones que se traslapan (Figura 5). Comúnmente se asume que ambas distribuciones tienen la misma varianza, hecho que ha sido confirmado experimentalmente por diversos autores (Hautus e Irwin, 1995). El grado de diferencia entre las dos muestras se

denomina δ o d' (δ para poblaciones y d' para muestra experimental) y es la distancia entre las medias de las distribuciones en términos de desviaciones estándar. A mayor diferencia percibida entre dos muestras, mayor el valor de d' (Figura 6).

Figura 5. Distribución de frecuencias a lo largo de un eje de intensidad de sabor representando la variación de sabor de un estímulo (O'Mahony *et al.*, 1994)

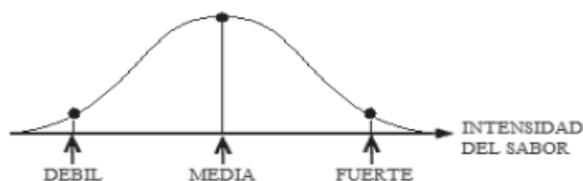
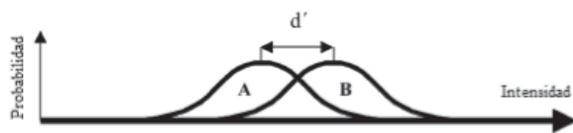


Figura 6. Representación Thurstoniana de la diferencia/similitud entre dos estímulos (O'Mahony y Rousseau, 2002)



El segundo aspecto de la modelación Thurstoniana se relaciona con la regla de decisión. Cada prueba discriminatoria tiene al menos una regla de decisión específica que el juez va a seguir para generar una respuesta. O'Mahony y colaboradores (1994) indican que las dos reglas de decisión principales son la «comparación de distancias» (en las pruebas triangular y dúo – trío) y el «skimming» (en las pruebas 2-AFC, 3-AFC) que significa ir evaluando de mayor a menor intensidad, tratando de encontrar el estímulo más significativo. Se han desarrollado tablas para relacionar la proporción de respuestas correctas con d' para diversas pruebas de discriminación (Ennis, 1993; Ennis y Mullen, 1986; Ennis *et al.*, 1998; Frijters, 1982; Rousseau y Ennis, 2001).

En la comparación de distancias, la regla de decisión más común en pruebas de diferencia sin atributo específico, existen dos estrategias cognitivas diferentes, definidas como criterios τ y β . Cuando un juez se encuentra con varios estímulos, traza una línea a partir de la cual, los estímulos que perciba caerán antes o después de la misma, calificándolos como *con* o *sin* el atributo evaluado (Rousseau, 2001; Rousseau *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2007). Si el atributo fuera dulzura,

respondería a la pregunta ¿Qué tan dulce tiene que ser el estímulo para ser llamado “dulce”? A este criterio se le conoce como criterio β , y es el utilizado en pruebas de decisión forzada con dos o tres alternativas (2 AFC y 3 AFC) El criterio τ está orientado a la distancia que existe entre dos estímulos, y responde a la pregunta ¿Qué tan diferentes tienen que ser dos estímulos para ser considerados diferentes? (Rousseau, 2001; Rousseau *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2007). Las pruebas de decisión forzada como dúo-trío y triangular son procesadas por los jueces de esta manera.

Dependiendo de la prueba sensorial aplicada, algunas reglas de decisión son más eficientes que otras, dando como resultado que un juez tenga mejores o peores desempeños con una prueba o con otra, aún cuando la diferencia entre las muestras (d') sea la misma. De acuerdo a Ennis (1993), algunas pruebas son más apropiadas para detectar pequeñas diferencias entre muestras.

Conclusión

Sería inapropiado hablar de una situación general para las pruebas de diferencia. Es necesario entender la teoría detrás de cada una de las pruebas, de manera que se entienda el proceso cognitivo que se lleva a cabo y las variables que pueden afectar el desempeño de cada prueba. A medida que aumenta la investigación experimental relacionada con las pruebas de diferencia, es viable que el acercamiento cambie y con ello, sea necesario alterar las conclusiones respecto al uso de un modelo u otro. La teoría relacionada con la modelación Thurstoniana permitirá una evaluación más objetiva de las respuestas de los jueces, en la búsqueda de métodos confiables de evaluación sensorial.

Literatura citada

- ANZALDÚA-MORALES, A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Acribia. Zaragoza, España
- ENNIS, D. M. 1993. The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies* 8: 353-370.
- ENNIS, D.M. y K. Mullen 1986. A multivariate model for discrimination methods. *Journal of Mathematical Psychology* 30: 206 - 219.
- ENNIS, J. M., D.M. Ennis, D. Yip, y M. O'Mahony. 1998. Thurstonian models for variants of the method of tetrads. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 51: 205 - 215.
- FRIJTERS, J. E. R. 1982. Expanded tables for conversion of a proportion of correct responses (P_c) to the measure of sensory difference (d_0) for the triangular method and the 3-alternative forced choice procedure. *Journal of Food Science* 47: 139-143.
- HAUTUS, M. J., y R. J. Irwin. 1995. Two models for estimating the discriminability of foods and beverages. *Journal of Sensory Studies* 10: 203-215.

- HUANG, Y. T., y H. T. Lawless. 1998. Sensitivity of the ABX discrimination test. *Journal of Sensory Studies* 13: 229-239.
- LAWLESS, H.T. y H. Heymann. 1999. Sensory Evaluation of Food. Aspen Publishers, Inc. Maryland, E.E.U.U.
- LEE, H. S., D. van Hout, M. Hautus y M. O'Mahony. 2007. Can the same - different test use a β criterion as well as τ criterion? *Food Quality and Preference* 18: 605 - 613.
- MACMILLAN, N. A., y C. D. Creelman. 1991. Detection Theory: A user's guide. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- MASUOKA, S., D. Hatjopoulos, y M. O'Mahony. 1995. Beer bitterness detection: testing Thurstonian and Sequential Sensitivity Analysis models for triad and tetrad methods. *Journal of Sensory Studies* 10: 295-306.
- O'MAHONY, M. y B. Rousseau. 2002. Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference* 14: 157-164.
- O'MAHONY, M., S. Masuoka, S., y R. Ishii. 1994. A theoretical note on difference tests: models, paradoxes and cognitive strategies. *Journal of Sensory Studies* 9: 247-272.
- ROESSLER, E.B., R. M. Pangborn, J. L. Sidel, y H. Stone. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired - preference, paired - difference, duo - trio and triangle tests. *Journal of Food Science* 43: 940 - 941.
- ROUSSEAU, B. 2001. The b-strategy: an alternative and powerful cognitive strategy when performing sensory discrimination tests. *Journal of Sensory Studies* 16: 301-318.
- ROUSSEAU, B., y D. M. Ennis. 2001. A Thurstonian model for the dual-pair (4IAX) discrimination method. *Perception and Psychophysics* 63: 1083-1090.
- ROUSSEAU, B., y M. O'Mahony. 1997. Sensory difference tests: Thurstonian and SSA predictions for vanilla flavored yogurts. *Journal of Sensory Studies* 12: 127-146.
- ROUSSEAU, B., y M. O'Mahony. 2000. Investigation of the effect of within-trial retasting and comparison of the dual-pair, same-different and triangle paradigms. *Food Quality and Preference* 11: 457-464.
- ROUSSEAU, B., y M. O'Mahony. 2001. Investigation of the dual-pair method as a possible alternative to the triangle and same-different tests. *Journal of Sensory Studies* 16: 161-178.
- ROUSSEAU, B., A. Meyer, y M. O'Mahony. 1998. Power and sensitivity of the same-different test: comparison with triangle and duotrio methods. *Journal of Sensory Studies* 13: 149-173.
- ROUSSEAU, B., M. Rogeaux, y M. O'Mahony. 1999. Mustard discrimination by same-different and triangle tests: Aspects of irritation, memory and t criteria. *Food Quality and Preference* 10: 173-184.
- ROUSSEAU, B., S. Stroh, y M. O'Mahony. 2002. Investigating more powerful discrimination tests with consumers: effects of memory and response bias. *Food Quality and Preference* 13: 39-45.
- STILLMAN, J. A., y R. J. Irwin. (1995). Advantages of the same-different method over the triangular method for the measurement of taste discrimination. *Journal of Sensory Studies* 10: 261-272.
- STONE, H. y J. L. Sidel. (1978). Computing exact probabilities in sensory discrimination tests. *Journal of Food Science* 43: 1028 - 1029.
- STONE, H. y J. L. Sidel. (1993). Sensory Evaluation Practices, 2da Ed. Academic. E.E.U.U. 

Este artículo es citado así:

Olivas-Gastélum R., Guadalupe Virginia Nevárez-Moorillón y María Guadalupe Gastélum-Franco. 2009: *Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(1): 1-7.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

RICARDO OLIVAS GASTÉLUM. Egresado de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de las Américas Puebla en el 2007. Obtuvo el grado de maestro en ciencias de la misma institución por el programa de Maestría en Ciencias en Alimentos en 2009.

GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ MOORILLÓN. Cursó su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo en 1987 el título de Químico Biólogo Parasitólogo con la defensa de su tesis «*Actividades biológicas de derivados del Ácido Araquidónico*». Realizó estudios de doctorado en la University of North Texas, siendo el tema de su investigación «*Biodegradación de componentes de petróleo contaminantes en aguas y suelos por bacterias del suelo*»; en 1995, obtuvo el grado de Doctor en Ciencias, especialidad Biología. Ha recibido diversos reconocimientos y premios, siendo el más reciente el «*Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Categoría Profesional*», que le fue otorgado en 2006 por la Industria Mexicana de Coca-Cola y CONACYT, promotores del citado concurso. Por su destacada labor científica, ha sido reconocida como Investigador Nacional Nivel I por el Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT. Desde 1995 ha sido maestra de la Facultad de Ciencias Químicas (UACH) y su productividad científica incluye 17 artículos en revistas arbitradas. Además, ha editado más de cuatro libros y dirigido más de 65 tesis (licenciatura y maestría). La Dra. Nevárez pertenece a diversas sociedades científicas, citándose entre algunas de ellas: *American Society for Microbiology*, *Society for Microbial Ecology* y *Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*.

Presencia de arsénico en la sección norte del acuífero Meoqui-Delicias del estado de Chihuahua, México

Arsenic presence in North section of Meoqui-Delicias aquifer of State of Chihuahua, Mexico

MARÍA SOCORRO ESPINO-VALDÉS¹, YARAVI BARRERA-PRIETO² Y EDUARDO HERRERA-PERAZA³

Recibido: Marzo 23, 2009

Aceptado: Abril 07, 2009

Resumen

Altas concentraciones de arsénico en el agua de consumo ocasionan problemas cardiovasculares y cáncer en la piel. La norma mexicana para agua potable establece un límite de este elemento de 0.025 mg/L. En las zonas áridas del norte de México existen depósitos minerales con niveles elevados de arsénico, el cual es disuelto por el agua que fluye a través de ellos. El acuífero Meoqui-Delicias del estado de Chihuahua, que es la principal fuente de agua para los municipios de Julimes, Meoqui, Rosales y Delicias, ha sido afectado por estos minerales. Se colectaron 61 muestras de agua potable en estos municipios localizados en la sección norte del acuífero. Se determinó la concentración de arsénico y se estableció su posible origen en relación a los aspectos hidrogeológicos más relevantes del área. El análisis de los sólidos disueltos confirmó la dirección del flujo subterráneo. El límite de arsénico fue excedido en el 72% de las muestras analizadas, que en su mayoría corresponden a los municipios de Julimes y Meoqui. La información hidrogeológica muestra un origen natural geogénico del arsénico relacionado con el flujo de recarga procedente de depósitos minerales de arsenopirita de las sierras circundantes y el contacto con los sedimentos acumulados en el acuífero a través del tiempo. En Julimes el flujo geotérmico ascendente y la alta tasa de evaporación favorecen elevados valores de arsénico en el agua subterránea. En las comunidades afectadas por este y otros elementos indeseables se aplica el proceso de ósmosis inversa al agua de consumo para su desmineralización.

Palabras clave: arsénico, agua potable, acuífero Meoqui-Delicias, desmineralización

Abstract

High arsenic levels in drinking water cause cardiovascular problems and skin cancer. Mexican regulations for drinking water establishes a limit of 0.025 mg/L for this element. There are mineral deposits with high levels of arsenic in the arid regions of northern Mexico; this arsenic is dissolved by groundwater flowing through them. The Meoqui-Delicias aquifer in the State of Chihuahua, which is the main water source for the municipalities of Julimes, Meoqui, Rosales and Delicias, has been affected by these minerals. Samples of 61 drinking water wells were collected from these municipalities located at the north section of the aquifer. Arsenic concentration was determined and its possible source was established as related to the most relevant hydrogeological aspects in the area. Dissolved solids analysis confirmed the groundwater flow direction. The arsenic limit was exceeded in 72% of water samples, which in majority correspond to the Julimes and Meoqui municipalities. Hydrogeological information shows a natural geogenic source of arsenic, related to the recharge flow coming from arsenopyrite mineral deposits of surrounding mountains and the contact with sediments accumulated in the aquifer through time. In Julimes, upflow of geothermal water and high evaporation rate favor high arsenic concentration in groundwater. Reverse osmosis process is applied for demineralization of drinking water in the communities affected by arsenic and other undesirable elements.

Keywords: arsenic, drinking water, Meoqui-Delicias aquifer, demineralization

¹ Profesora de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito No. 1 Nuevo Campus Universitario, C.P. 31125. Tel. (614) 4 42 9507, Chihuahua, Chih. México. mespino@uach.mx.

² Estudiante graduada de la Maestría en Hidrología Subterránea de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua.

³ Investigador titular del Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Miguel de Cervantes 120, C.P. 31109, Complejo Industrial Chihuahua. Chihuahua, Chih., México.

Introducción

El arsénico se presenta de forma natural en el medio ambiente tanto en aguas subterráneas como superficiales, al igual que en muchos alimentos (Nacional Research Council, NRC, 1999).

La exposición crónica al arsénico a través del agua de consumo provoca varios efectos adversos a la salud, tales como cáncer en piel y en algunos órganos internos, así como efectos neurológicos y problemas cardíacos (NRC, 1999). La norma oficial mexicana para agua potable establece como límite máximo permitido el valor de 0.025 mg/L (Modificación a la NOM-127, 1998).

Muchos minerales contienen arsénico en forma natural, específicamente algunos sulfuros como realgar (As_2S_4), orpimenta (As_4S_6) y arsenopirita ($FeAsS$). Se ha probado que la movilización del arsénico hacia el agua se ve favorecida por su desorción a partir de óxidos de hierro y de otros metales que se presentan en los acuíferos poco profundos que subyacen grandes regiones aluviales (TWB, 2005). Sin embargo, tanto en acuíferos profundos como someros se han encontrado elevadas concentraciones de arsénico, por lo que la profundidad del agua subterránea no parece ser un indicador de la susceptibilidad a su movilización; ésta se debe a una combinación de las características geoquímicas e hidrogeológicas prevaletes (TWB, 2005).

Aunque no se conoce el mecanismo detallado de su movilización en los acuíferos sedimentarios, se ha confirmado que las condiciones anaerobias y el movimiento lento del agua subterránea favorecen la disolución de minerales, particularmente de sulfuros que contienen arsénico (Welch, 1999). Por lo tanto en las áreas mineralizadas, especialmente las que tienen actividad minera, se incrementa el riesgo de incidencia de este elemento en el agua (Safiuddin, 2001).

En años recientes se han detectado elevadas concentraciones de arsénico en el

agua subterránea de un gran número de acuíferos de todo el mundo, incluyendo Argentina, Australia, Chile, Hungría, México, Perú, Tailandia y los Estados Unidos de América (WHO, 2001). Los mayores valores corresponden a Bangladesh, India, Nepal, Pakistán, Camboya, China, Laos y Vietnam (The World Bank, TWB, 2005). En México se han encontrado niveles altos de arsénico en diferentes acuíferos granulares del centro y noroeste de la república (Ortega-Guerrero, 2009) y en el agua subterránea de varias regiones como Zimapán, Hidalgo (Armienta, 2001), Tlamacazapa, Guerrero (Cole, 2004), Mexxicacán, Teocaltiche y San Juan de los Lagos, en el estado de Jalisco (Hurtado-Jiménez, 2006), la Comarca Lagunera (Boochs, 2007), zonas mineras de San Antonio-El Triunfo en Baja California y Santa María de la Paz en San Luis Potosí, así como en áreas geotermales de Michoacán (Los Azufres) y Puebla (Acoculco y Los Humeros) (Armienta, 2008). En la región Lagunera, entre los estados de Coahuila y Durango se encontró envenenamiento crónico con arsénico de carácter endémico (Castro, 2004).

Debido a sus características geográficas y climatológicas, en el estado de Chihuahua el agua subterránea es el principal recurso para el abastecimiento público, así como para usos industriales y el riego agrícola. De los 61 acuíferos que existen en el estado, 17 presentan condiciones de sobreexplotación (CNA, 2005). Entre éstos se encuentra el acuífero Meoqui-Delicias, el cual cuenta con cerca de 1000 aprovechamientos que en su mayoría se destinan al riego agrícola, aunque una parte del volumen extraído se emplea para el suministro de agua potable a los habitantes de la región.

El desequilibrio observado entre la extracción y la recarga de los acuíferos chihuahuenses ha sido acrecentado por los eventos prolongados de sequía que afectaron al estado en los años recientes, particularmente los ocurridos a mediados y finales de la década de 1990 (Núñez-López, 2007). Tales fenómenos, además de impactar negativamente en el volumen de agua disponible, han venido a afectar también la calidad de los recursos hidrológicos, especialmente de aquellos que se destinan al consumo humano. En esta situación se encuentran las fuentes de agua potable de algunas localidades que se abastecen del acuífero Meoqui-Delicias. En los últimos años, en éstas se han presentado niveles elevados de algunas sales entre las que se encuentran compuestos de arsénico y otros constituyentes del agua que pueden ocasionar daños a la salud, tales como fluoruros y nitratos (Barrera, 2008).

El objetivo de esta investigación fue proporcionar información sobre la ocurrencia del arsénico en las fuentes de agua potable ubicadas en la sección norte del acuífero Meoqui-Delicias que abarca los municipios de Julimes, Rosales, Meoqui y Delicias en el Estado de Chihuahua, identificando los sitios con alta concentración de este elemento y su relación con las características hidrogeoquímicas del área. El estudio pretende proporcionar información relevante para la toma de decisiones en los trabajos de planificación y manejo de los recursos hidráulicos del área, a fin de prevenir los posibles riesgos de salud asociados con la presencia del arsénico en el agua destinada al consumo humano.

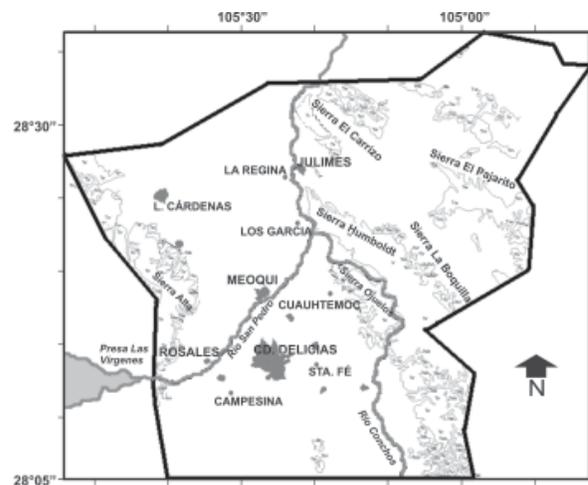
Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio se ubica entre las coordenadas 28° 05' y 28° 35' de latitud norte y entre 105° 00' y 105° 45' de longitud oeste, en la región hidrológica RH-24 de la vertiente Río Conchos-Bravo. El clima de la zona es muy árido, semicálido, con altas

temperaturas en el verano y frío moderado en el invierno (CNA 2005).

La zona corresponde a la provincia geológica de Chihuahua perteneciente a la provincia fisiográfica de la Mesa Central del Norte; ésta consiste en una altiplanicie inclinada con grandes llanuras y bolsones delimitados e interrumpidos por serranías, la cual también se conoce como Provincia de Sierras y Cuencas.

Figura 1. Área de estudio.



En esta región, además de serranías rodeadas de un lomerío bajo y suave existe una zona montañosa escarpada que ha sido afectada por la erosión eólica y pluvial. La orientación de las sierras coincide con el sentido del flujo de las aguas de los ríos San Pedro y Conchos. Entre las principales sierras se encuentran: El Carrizo, Humboldt, La Boquilla y Ojuelos, Palomas y El Pajarito en la parte oriental de la región, así como la Sierra Alta, en el poniente. La altitud promedio en la zona correspondiente al valle es de 1200 msnm; en las sierras más altas se alcanzan hasta 1500 y 2000 msnm (CNA, 2005) (Figura 1).

Los suelos de la región son primordialmente de tipo aluvial y lacustre con presencia de arcillas en las zonas bajas. Estos suelos son ricos en carbonatos de calcio y sales de sodio, principalmente en lugares con

drenaje deficiente, donde la evaporación es la principal causa de eliminación de agua.

La zona en estudio es atravesada por el río Conchos que fluye en dirección sur a norte, y el río San Pedro, proveniente de la Sierra Tarahumara, que avanza hacia el noreste hasta juntarse con las aguas del primero. El área de estudio colinda al suroeste con la presa Francisco I. Madero (Las Vírgenes).

En las serranías locales nacen varios arroyos que convergen hacia ambos ríos, aunque sólo se les aprecia con agua en época de lluvia. La zona además cuenta con un sistema de canales que se utilizan principalmente para el riego de las áreas de cultivo, y en menor escala, para el consumo del ganado y la pesca (Saucedo, 1996).

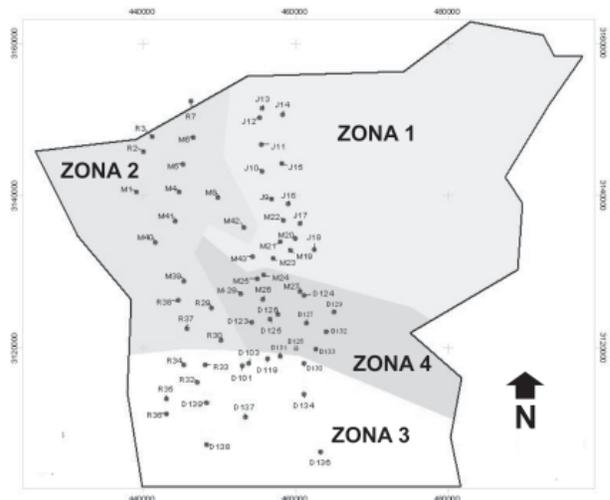
El acuífero se desarrolla en un marco geológico constituido por rocas que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. La zona de mayor explotación de agua subterránea corresponde a una primera unidad hidrológica del Reciente, constituida por depósitos aluviales y lacustres. Subyaciendo a esta, se encuentra una segunda unidad formada principalmente por rocas ígneas tales como basaltos, andesitas, riolitas, tobas riolíticas, calizas y conglomerados de permeabilidad media y alta. El depósito está formado por gravas, arenas, limos y arcillas y tiene un espesor de 500 metros que funciona libremente en la mayor parte del acuífero. El flujo subterráneo ocurre en dirección sur a norte en forma paralela al curso del río Conchos, pasando por el Distrito de Riego 05, hasta el río Chuvíscar. En el sur y el suroeste de Delicias se presentan algunas alteraciones de esta trayectoria debido a los abatimientos ocasionadas por la sobreexplotación del acuífero (CNA, 1996).

La recarga de agua subterránea se debe a infiltraciones provenientes de los canales de distribución y de los excedentes de riego, al igual que de los escurrimientos y arroyos que bajan las serranías perimetrales y convergen al centro del acuífero. A pesar de que la precipitación pluvial en el área es pobre, el

carácter poco permeable de las rocas ígneas que forman las serranías alledañas, así como la nula vegetación forestal, son responsables de que cada vez que llueve, tanto el líquido como el sedimento se depositen en el valle. Durante las precipitaciones, la infiltración directa es mínima, debido a la alta evapotranspiración que ocurre en el área (CNA, 1996).

Metodología. Se seleccionaron 61 sitios para colección de muestras para análisis de arsénico considerando todas las fuentes de agua potable de los municipios de Julimes (J), Rosales (R), Meoqui (M) y Delicias (D), ubicados en la sección norte del acuífero (Figura 2). Las muestras fueron colectadas en botellas de plástico y almacenadas en hielo para su preservación y análisis de acuerdo con los procedimientos de la norma oficial mexicana NOM-014-SSA1-1993, entre los meses de noviembre y diciembre de 2006.

Figura 2. Sitios de muestreo.



Durante la etapa de colección de muestras se cuantificaron los sólidos disueltos totales empleando un medidor portátil de la marca HACH Sension 5. Se efectuó la clasificación hidrogeoquímica por familias de las muestras de agua con base en el contenido de los cationes y aniones fundamentales, cuyos análisis fueron

realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, empleando las técnicas estandarizadas de uso corriente (AWWA, 1992). Los análisis de arsénico total se efectuaron por espectrofotometría de plasma óptico en el Laboratorio del Centro Experimental Chihuahua del Servicio Geológico Mexicano en muestras no preservadas.

Los resultados de los análisis químicos se organizaron en tablas y diagramas hidrogeoquímicos de isolíneas de concentración para relacionarlos geográficamente y observar la evolución espacial del agua en el área de estudio. Ésta se dividió en cuatro zonas, identificadas como zona 1, zona 2, zona 3 y zona 4, tomando como base las características hidrogeoquímicas observadas en cada una de ellas (Figura 2).

Resultados y discusión

Familias de agua.

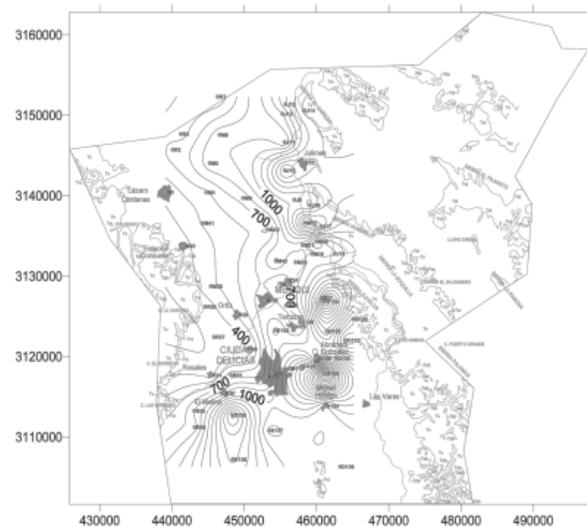
Los resultados de los análisis y la aplicación de técnicas gráficas de interpretación de los mismos revelaron la presencia de aguas preferentemente sulfatadas sódicas en la zona 1, ubicada al norte del área de estudio, en la que dominan las muestras del municipio de Julimes y algunas del este de Meoqui. En la zona 2 que corresponde a los municipios de Meoqui y Rosales, en el noroeste del área, el agua se distinguió por su carácter bicarbonatado o bicarbonatado-sulfatado sódico. En las zonas 3 y 4 correspondientes a los municipios de Rosales, Delicias y parte de Meoqui, se observa un carácter mixto-mixto, es decir, sulfatado-bicarbonatado sódico-cálcico.

Sólidos disueltos totales (SDT).

Los resultados de este parámetro revelaron fluctuaciones entre 284 y 2700 mg SDT/L en el agua subterránea de la zona, resaltando que se supera el máximo valor permitido por la norma de agua potable (1000 mg/L) en varias localidades de los municipios de Delicias y

Julimes, como puede observarse en las curvas de isolíneas de concentración que se muestran en la Figura 3.

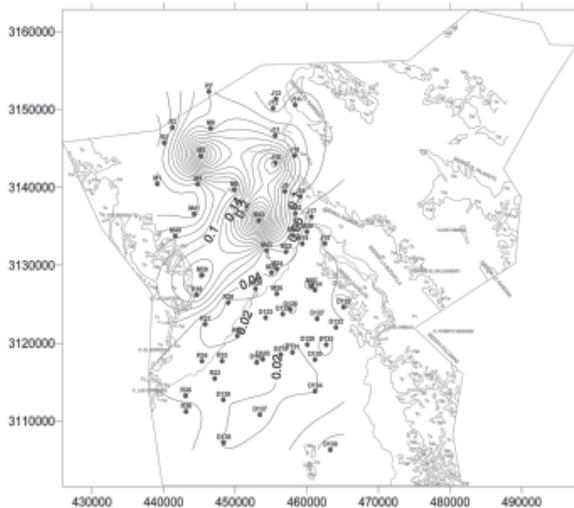
Figura 3. Isolíneas de concentración de sólidos disueltos totales (mg SDT/L)



La tendencia en el incremento de este parámetro indica que el principal flujo subterráneo ocurre en la dirección oeste-noreste. Además de esto, se distinguen entre los ríos Conchos y San Pedro, tres áreas con aumentos de SDT que indica la existencia de flujos locales propiciados por abatimientos en el nivel freático a causa de bombeo excesivo. Las comunidades que presentan tal comportamiento son: Campesina, Santa Fe y Cuahtémoc del municipio de Delicias, al igual que en Los García, de Meoqui y La Regina, de Julimes. Las bajas concentraciones de SDT observados en la porción occidental de la zona, al igual que en la zona ribereña correspondiente al punto de unión de los ríos Conchos y San Pedro, indican la posible ocurrencia de la mezcla de dos tipos de agua: 1) el flujo de la recarga procedente de la Sierra Alta, en la porción occidental, con bajas concentraciones de iones, y 2) el flujo regional proveniente del sur de Delicias, caracterizado por alto contenido de SDT.

Arsénico. La revisión de los contenidos de arsénico reveló que el 72% de las muestras analizadas supera el valor límite de 0.025 mg/L establecido en la norma de agua potable. La distribución espacial de este elemento se exhibe en la curva de isolíneas de la Figura 4. En ella se observa que los valores más altos corresponden a la sección norte del área de estudio, específicamente en los municipios de Julimes y Meoqui, que corresponden a las zonas 1 y 2.

Figura 4. Isolíneas de concentración de arsénico (mg As/L)

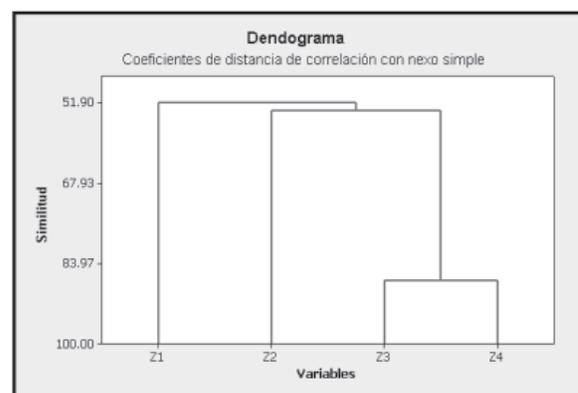


Tomando como variables a las concentraciones de arsénico en cada punto de muestreo de las cuatro zonas estudiadas, se investigó cuáles de ellas poseen valores similares de varianza. Para ello se aplicó el programa MINITAB V15 (© 2007 Minitab Inc), que permite conocer el comportamiento de las componentes principales (autovalores) y los factores principales (autovectores). Por medio de los métodos multivariantes de contraste de caída y criterio de la raíz latente (autovalor), se determinó que de las cuatro zonas analizadas es posible detectar cuáles comportamientos de varianza ejercen mayor influencia. Sólo aparecen con valores de raíz latente mayor que

la unidad las zonas 3 y 4 (Z3 y Z4) y sus relativos valores de correlación altos dan una medida de la similitud de sus comportamientos. La única componente principal se debe a la similitud en el comportamiento de las varianzas de ambas zonas mencionadas. Por tal razón se puede observar que las áreas con bajo contenido de arsénico corresponden con aguas de tipo mixto-mixto que caracteriza tanto a la zona 3 como a la zona 4. El análisis multivariante de las concentraciones de arsénico en las cuatro zonas, corrobora la similitud hidrogeoquímica entre las zonas 3 y 4, lo cual también se puede comprobar en el Dendograma de la Figura 5, relativo a la correlación entre los contenidos de dicho elemento para cada una de las zonas en que se dividió el área de estudio. Por otra parte, como puede observarse en el Cuadro 1, las zonas 3 y 4 muestran un coeficiente de Pearson de 0.75 con una baja probabilidad de dispersión de los datos ($p = 0.002$), lo que indica la confiabilidad del análisis.

La Figura 6 muestra la correlación entre los valores de Z3 (respuesta) y los de Z4 (predictor), con una regresión $R^2 = 56.2\%$, una desviación de la muestra relativamente pequeña de $S = 0.0115$ y una probabilidad de dispersión suficientemente baja (0.002) que indica lo correcto de la aproximación lineal en el análisis.

Figura 5. Dendograma de similitud de variables

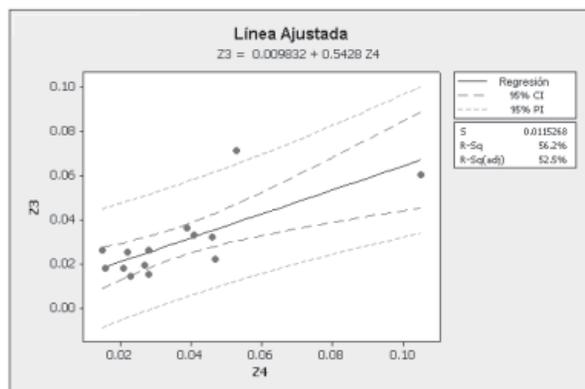


Cuadro 1. Correlación entre los contenidos de arsénico en las Zonas 1, 2, 3 y 4

	Z1	Z2	Z3
Z2	-0.092		
	0.754		
Z3	-0.030	0.044	
	0.918	0.882	
Z4	0.038	0.071	0.750
	0.897	0.808	0.002

Contenido de celdas: correlación de Pearson
P- Probabilidad de dispersión

Figura 6. Grafica de regresión Z3 y Z4



Los resultados de análisis de arsénico para cada municipio se presentan en la Figura 7. A partir de este gráfico puede observarse que las localidades con los valores superiores a 0.1 mg/L de arsénico son La Regina (J10), San José (J9), La Esperanza (J11) y Julimes (J15), en el municipio de Julimes, con concentraciones de 0.277 mg/L, 0.139 mg/L, 0.125 mg/L, 0.126 mg/L, respectivamente. En el municipio de Meoqui destacan por sus altos valores las comunidades Colonia Progreso (M42), Diez de Mayo (M5), Buenavista (M39), Potrero del Llano (M6) y Cd. Meoqui Pozo 5 (M28), con 0.376 mg/L

0.316 mg/L, 0.144 mg/L, 0.11 mg/L y 0.105 mg/L, de arsénico, respectivamente. Resultan importantes también Orinda (R38) y Salón de Actos (R7) en el municipio de Rosales con 0.128 mg/L y 0.102 mg/L cada una.

En el caso del municipio de Delicias, aunque ninguna de las muestras excede la concentración de 0.1 mg/L, se puede apreciar que el 47 % de ellas supera el límite máximo permitido de 0.025 mg/L por la norma de agua potable.

De acuerdo con los resultados de las Figuras 4 y 7 se puede verificar que Julimes y Meoqui son los municipios más afectados en relación a este parámetro y que, de las 61 muestras analizadas, solamente cuatro pozos del municipio de Meoqui, tres de Rosales y 10 de Delicias poseen concentraciones de arsénico en cumplimiento con la norma de agua potable.

Los altos contenidos de arsénico y sólidos disueltos en la porción noreste, correspondiente al municipio de Julimes (zona 1), tienen explicación en base al fenómeno de termalismo presente en esta zona, donde el agua circula a través de rocas evaporíticas con alto contenido salino. En el área existen algunos brotes naturales de agua con temperatura superior a la media que proceden de capas profundas del acuífero. Podemos pensar que en estos manantiales, que muy probablemente son de origen magmático, las grandes presiones y temperaturas a las que se someten las aguas subterráneas originan un medio reductor con bajo contenido de oxígeno, el cual propicia la disolución de diferentes minerales, incluyendo al arsénico.

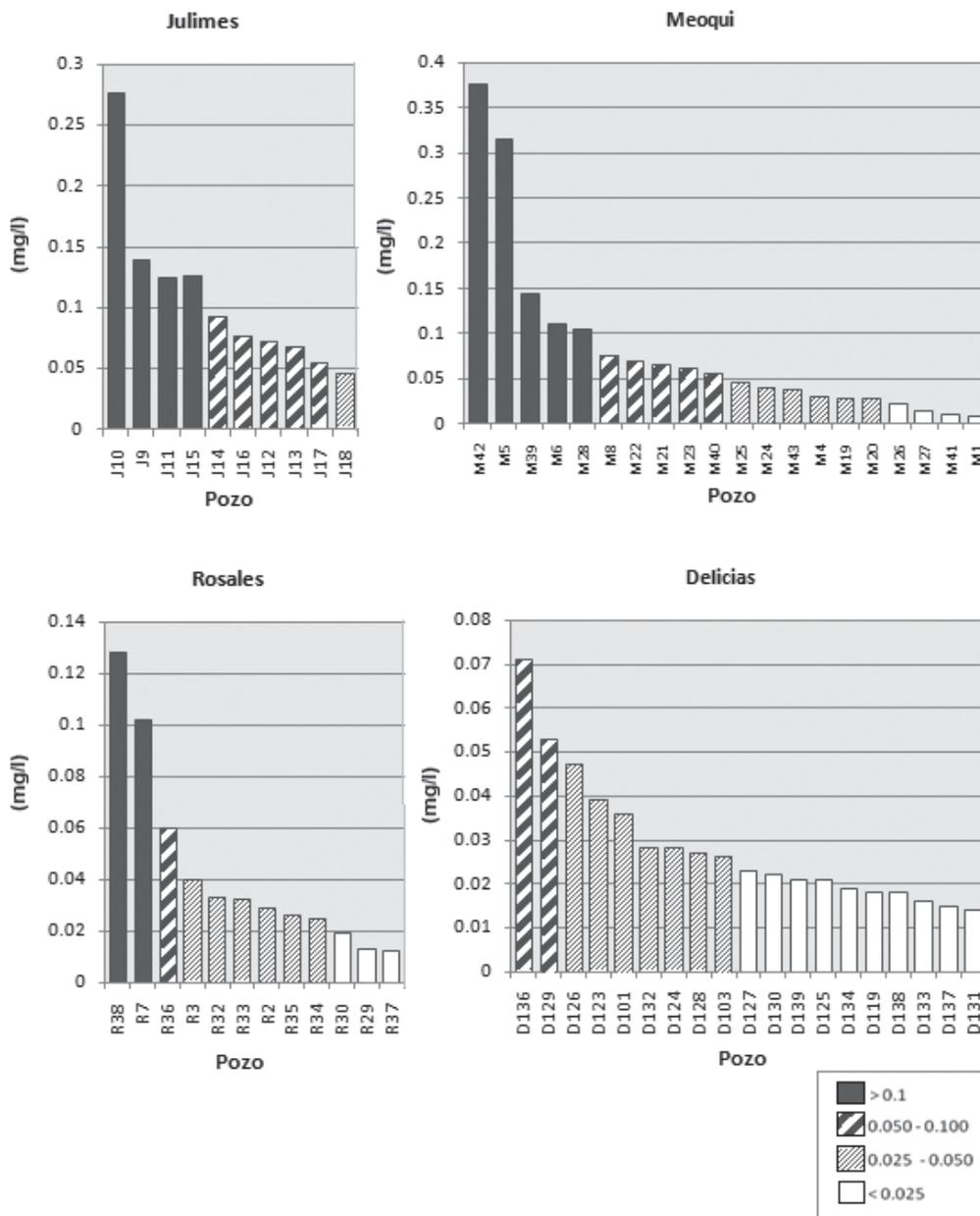
Por otra parte, las altas concentraciones de arsénico detectadas en la región noroeste, correspondiente al municipio de Meoqui (zona 2), pueden estar relacionadas con la solubilidad del ion arsenato HAsO_4^{-2} a partir de los depósitos de arsenopirita, cuya mineralización se relaciona con las rocas ígneas, tales como las riolitas y andesitas basálticas propias de la

región (Hem, 2005). La infiltración del agua a través de los mantos mineralizados ha propiciado su contacto directo con las rocas y sedimentos que contienen arsénico, ocasionando su disolución y en consecuencia, los elevados niveles de este elemento en el acuífero.

Como una medida correctiva, y a fin de

prever los efectos adversos que pueden ser ocasionados por la presencia de arsénico en el agua de consumo, se han instalado plantas desmineralizadoras en la mayoría de los poblados de la región. Estos sistemas funcionan en base a una serie de pasos o etapas que incluyen la desinfección del agua mediante aplicación de cloro, la eliminación de

Figura 7. Concentraciones de arsénico (mg/L) en los municipios de Julimes, Meoqui, Rosales y Delicias



dureza a través de resinas de intercambio iónico y, lo que es la parte esencial del tratamiento, la desmineralización del agua mediante el empleo de membranas de ósmosis inversa. De este modo, a pesar de los altos niveles de arsénico en el acuífero, los habitantes de las áreas afectadas utilizan agua con bajo contenido salino para su abastecimiento diario. Con esta alternativa de tratamiento se ha logrado frenar el consumo prolongado de altas concentraciones de arsénico, evitando el incremento en los posibles impactos negativos en la salud de los consumidores.

Conclusiones

El análisis de arsénico en el área reveló que el 72 % de las muestras estudiadas supera el valor límite de 0.025 mg/L establecido en la norma de agua potable, siendo más afectados los municipios de Julimes y Meoqui.

La aplicación del análisis multivariante a los datos de concentración de arsénico en relación a su distribución espacial reveló la similitud entre las zonas de bajo contenido de arsénico (zonas 3 y 4) cuyas características hidrogeoquímicas también coinciden, ya que se trata de aguas de tipo sulfatado-bicarbonatado sódico-cálcico, es decir, un carácter mixto-mixto, que denota la influencia de dos tipos de agua que se mezclan, siendo éstas la recarga procedente de la Sierra Alta y el flujo regional proveniente del sur de Delicias.

La presencia del arsénico en altas concentraciones en el municipio de Julimes (zona 1) se asocia al fenómeno de termalismo manifiesto por la presencia de manantiales en esta área.

En la zona noroeste (zona 2), en donde se ubica la mayoría de las localidades de Meoqui, el arsénico disuelto se relaciona con las características geológicas de las montañas aledañas al valle, ya que dichas formaciones están constituidas por rocas ígneas (riolitas andesíticas y basálticas) asociadas a depósitos de arsenopirita que alimentan al acuífero a través de los escurrimientos laterales.

Además de las características hidrogeoquímicas señaladas, el esquema actual de sobreexplotación que se traduce en el minado de grandes volúmenes de agua subterránea es responsable del incremento reciente en las concentraciones de arsénico y de otras sales disueltas indicadoras del deterioro de la calidad del agua. En este caso, la disolución de estratos minerales que se encuentran a mayores profundidades en el acuífero, en donde es mayor tiempo de retención del agua, se ha traducido en la movilización de grandes cantidades de iones.

La existencia de sistemas para la desmineralización del agua de consumo sin duda representa una alternativa viable para la prevención de los efectos que el arsénico puede ocasionar en la salud de los usuarios a través del agua de consumo. Sin embargo, para que esta medida sea exitosa se requiere asegurar la participación de la población, tanto en el uso como en la adecuada operación de los equipos de tratamiento. En este caso se requiere también la definición de lineamientos para el manejo adecuado de los residuos con alto contenido salino que se producen como desechos del sistema.

En el caso del agua utilizada con fines agrícolas, es conveniente realizar una estimación anual de la aplicación de arsénico a los cultivos a través del agua de riego, así como la evaluación a mediano y largo plazo del impacto que genera esta práctica.

Los resultados de este estudio expresan la distribución del arsénico y las relaciones entre las características hidrogeoquímicas derivadas de la litología del área de estudio y su contenido en el agua subterránea. Esta información puede impactar en la toma de decisiones relacionadas con el desarrollo regional y el manejo de los recursos hidrológicos por parte de las autoridades correspondientes, a fin de prevenir posibles riesgos de salud relacionados con la presencia de arsénico en el agua de consumo de las comunidades expuestas.

Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo gracias al apoyo financiero otorgado por el Programa del Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- ARMIENTA, M. A., G. Villaseñor, R. Rodríguez, L. K. Ongley and H. Mango. 2001. The role of arsenic-bearing rocks in groundwater pollution at Zimapán Valley, Mexico. *Environmental Geology*. Volume 40, Numbers 4-5. pags. 571-581.
- ARMIENTA, M. y N. Segovia. 2008. Arsenic and fluoride in the groundwater of Mexico. *Environmental Geochemistry and Health*, Vol. 30, No. 4 (2008), pp. 345-353.
- AWWA, American Water Works Association, 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th Edition.
- BARRERA, Y. 2008. Estudio hidrogeoquímico y de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Meoqui-Delicias del estado de Chihuahua. Tesis de Maestría en Hidrología Subterránea. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- BOOCHS, P. W., M. Billib, J. Aparicio and C. Gutiérrez. 2007. Management of arsenic groundwater System Lagunera-Mexico. American Geophysical Union. Fall Meeting 2007, Abstract #42A-05.
- CASTRO, M. L. 2004. Arsénico en el agua de bebida de América Latina y su efecto en la salud pública. OPS/CEPIS/05/134(LAB). HDT-95
- CNA, Comisión Nacional del Agua, 1996. Simulación hidrodinámica y diseño óptimo de las redes de observación de los acuíferos de Cd. Juárez y Delicias.
- CNA, Comisión Nacional del Agua. 2005. Actualización del estudio Geohidrológico del Acuífero Meoqui- Delicias.
- COLE, J. M., M. C. Ryan, S. Smith and D. Bethune. 2004. Arsenic source and fate at a village drinking water supply in Mexico and its relationship to sewage contamination. *Natural Arsenic in Groundwater: Occurrence, Remediation and Management*. Balkema Press (Ed. Bundschih, Bhattacharya, and Chandrasekhara). Pp. 77-84.
- HEM, J. D. 2005. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. Reimpresión de la edición de 1970. U. S. Geological Survey. E.U.A.
- HURTADO-JIMÉNEZ, R. and J. L. Gardea-Torresdey. 2006. Arsenic in drinking water in the Los Altos de Jalisco region of Mexico. *Pan American Journal of Public Health*. Volume 20 (4). October 31. pages 236-247.
- MODIFICACIÓN A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994. 1998. Salud Ambiental. Agua para Uso y Consumo Humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Secretaría de Salud. México, D. F.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-014-SSA1-1993. 1994. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. Secretaría de Salud. México, D. F.
- NRC. National Research Council. 1999. Arsenic in Drinking Water. Subcommittee on Arsenic in Drinking Water, Comité on Toxicology. National Academy Press.
- NÚÑEZ-LÓPEZ, D., C. A. Muñoz-Robles, V. Reyes-Gómez, I. Velasco-Velasco, & H. Gadsden-Esparza. 2007. Caracterización de la sequía a diversas escalas de tiempo en Chihuahua, México. *Agrociencia*, Vol. 41, No. 3, pags. 253-262.
- ORTEGA-GUERRERO, M. A. 2009. Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen del arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de Cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 16, 143-161.
- SAFIUDDIN, Md. & Md. Masud Karim. 2001. Groundwater arsenic contamination in Bangladesh: causes, effects and remediation. *Proceedings of the 1st IEB International Conference and 7th Annual Paper Meet*; November.
- SAUCEDO, R. 1996. La calidad del agua y el uso de fertilizantes y plaguicidas en los municipios de Delicias, Rosales y Meoqui del Estado de Chihuahua. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- TWB. The World Bank. 2005. Towards a more effective operational response. Arsenic contamination of groundwater in South and East Asian Countries. Report No. 31303. April.
- WELCH, A. H., D. R. Helsel, M. J. Focazio and S. A. Watkins. 1999. Arsenic in groundwater supplies of the United States, in: *Arsenic exposure and health effects*, W. R. Chapell, C. O. Abernathy and R. L. Calderon, Eds., Elsevier Science, New York, pp. 9-17.
- WHO, World Health Organization. 2001. Arsenic in drinking water. Fact sheet No. 210. May.
- © 2007 Minitab Inc. All rights reserved. MINITAB® and the MINITAB logo™.

Este artículo es citado así:

Espino-Valdés M. S., Yaravi Barrera-Prieto y Eduardo Herrera-Peraza. 2009: *Presencia de arsénico en la sección norte del acuífero Meoqui-Delicias del estado de Chihuahua, México*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(1): 8-18.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

MARÍA SOCORRO ESPINO VALDÉS. En 1973 obtuvo el título de Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores del Monterrey (ITESM) campus Monterrey. En 1984 se graduó como Maestro en Ciencias en el programa de Biotecnología Ambiental del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional, en México, D. F. En 2003 obtuvo el grado de Doctor en Ciencia y Tecnología Ambiental otorgado por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), en Chihuahua, Chih. Se ha desempeñado como docente en las áreas de hidrogeoquímica, ciencias ambientales y matemáticas. Ha realizado diversos trabajos de investigación y dirigido 3 tesis de licenciatura y 11 de maestría relacionadas con el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y con el área de Hidrogeoquímica. Ha colaborado en proyectos de desarrollo asociados al manejo sustentable de lodos residuales. Es autora de varios artículos técnico-científicos publicados en revistas de arbitraje y ha participado como ponente en varios congresos nacionales y extranjeros.

YARAVI BARRERA PRIETO. En el año de 1997 obtuvo el título de Ingeniero en Ecología otorgado por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Cursó la Maestría en Hidrología Subterránea en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua y obtuvo el grado correspondiente en 2006. Ha desarrollado diversos trabajos relacionados con el manejo de recursos naturales como inventarios de flora, ordenamiento ecológico e impacto y riesgo ambiental. Se ha desempeñado como docente en las áreas de ciencias ambientales y en programas de idioma extranjero (inglés). Ha sido coautora en varias ponencias relacionadas con la calidad del agua en el estado de Chihuahua.

EDUARDO HERRERA PERAZA. En 1996 obtuvo el grado de Doctor en ciencias físicas por la Universidad de La Habana, Cuba. Se desempeña como Investigador Titular B en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), en el área de Medio Ambiente y Energía. Su línea de investigación es sobre Contaminación Atmosférica. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel I. Tiene diversas publicaciones en revistas arbitradas e indizadas a nivel nacional e internacional. Es miembro honorario del Colegio de Ingenieros en Ecología. Imparte diversos cursos y ha participado como ponente en varios congresos a nivel nacional.

Sincronización de estros en bovinos con dos fuentes de prostaglandinas

Bovine estrous synchronization with two prostaglandin sources

MARÍA ELENA ROMERO-SANTAMARÍA², ALBERTO FLORES-MARIÑELARENA¹, JOSÉ ARTURO GARCÍA MACÍAS¹, ALFREDO ANCHONDO-GARAY¹, CARLOS RODRÍGUEZ-MUELA¹, LORENZO ANTONIO DURÁN-MELÉNDEZ¹, JORGE ALFONSO JIMÉNEZ-CASTRO¹

Recibido: Diciembre 2, 2008

Aceptado: Febrero 10, 2009

Resumen

Se comparó el dinoprost trometamina vs. cloprostenol con respecto a respuesta al estro, tasa de fertilidad y costos. El protocolo 1 (P1) consistió en la aplicación de CIDR-B por siete días, aplicando 1.0 mg de cipionato de estradiol al día 0, al T1 se le aplicó 0.30 mg de dinoprost trometamina al retiro del CIDR-B y al T2: 0.52 mg de cloprostenol. El protocolo 2 (P2) consistió en la aplicación de dos inyecciones de PGF_{2α} con intervalo de 11 d (T1: 0.30 mg de dinoprost trometamina y T2: 0.52 mg de cloprostenol). La detección de estros en P1 se realizó el día nueve; en P2, fue posterior a la inyección. La inseminación artificial fue realizada 12 a 18 h después del inicio de estro en ambos protocolos. Para evaluar el porcentaje de estros se utilizó la prueba de Chi-cuadrada. El porcentaje de preñez en P1 se evaluó por la prueba exacta de Fisher y en P2 se empleó un modelo para datos categóricos. El porcentaje de estros para P1 fue 100 % en ambos grupos y para P2 92 (T1) y 88 % (T2). Los porcentajes de preñez para P1 16.67 (T1) y 38.46 % (T2); P2 52 (T1) y 44 % (T2). La T1 y T2 se comportaron de manera similar, concluyéndose que T2 es más recomendable, ya que es 25 % más económico.

Palabras Clave: Dinoprost trometamina, cloprostenol, estro, fertilidad, inseminación

Abstract

Dinoprost tromethamine and cloprostenol were compared regarding estrus percentage, rate of pregnancy and costs. Protocol 1 (P1) consisted in the application of CIDR-B by 7 days with 1.0 mg of estradiol cypionate at day 0. T1 was treated with 0.30 mg of dinoprost tromethamine (PGF_{2α}) when CIDR-B was withdrawn and T2 just 0.52 mg of cloprostenol. Protocol 2 (P2) consisted in the application of two injections of PGF_{2α} within 11 days interval (T1: 0.30 mg of dinoprost tromethamine and T2: 0.52 mg of cloprostenol). Estrus detection in P1 was evaluated at day 9, while for P2 was evaluated after injection. Artificial insemination was carried out 12 to 18 h after estrus onset for both protocols. Estrus percentage was evaluated by a Chi Square Test, rate of pregnancy in P1 was analyzed by a Fisher Exact Test while P2 by a Categorical Data Model. Estrus percentage was 100 % for both groups of P1 and for P2 was 92 % (T1) and 88 % (T2); rate of pregnancy was for P1 16.67 (T1) and 38.46 % (T2). For P2, was 52 % (T1) and 44 % (T2). Similar response was observed for T1 and T2. In conclusion, T2 is more recommendable because is 25 % cheaper.

Keywords: Dinoprost tromethamine, cloprostenol, estrus, fertility, insemination

¹ Profesor de la Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Perif. Fco. R. Almada, Km. 1 Admón. de Correos 4-28, C.P. 31031, Chihuahua, Chih., México. Tel: (52 614) 434-0303; Fax: (52 614) 434-0345. Correo Electrónico: jgarci@uach.mx

² Estudiante graduado de la Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua

Introducción

La producción animal juega un papel importante en la generación de alimentos para satisfacer las necesidades básicas del hombre; por lo general, los alimentos de origen animal representan un sexto de la energía y un tercio de la proteína en la dieta del hombre, lo que impulsa el desarrollo de tecnologías para mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción a través del incremento en la eficacia y eficiencia reproductiva del ganado (Murugavel, 2003).

La sincronización de estros (SE) y la inseminación artificial (IA) son técnicas de gran importancia para lograr un mejoramiento genético e incremento en la reproducción de hatos, sin embargo, el problema asociado es la detección oportuna del estro, lo que reduce el uso potencial de la IA en explotaciones ganaderas.

La detección de estros es relevante cuando se utiliza la IA, ya que la identificación de las hembras que inician el estro mejora substancialmente el porcentaje de gestación (Rabiee *et al.*, 2005). La SE utilizando prostaglandinas es común en el norte de México, además es una de las técnicas más desarrolladas en la actualidad (Ramírez y Miller, 2004) se emplean productos hormonales para lograr que un grupo de hembras presenten estro en un periodo de 2 ó 3 d. Sin embargo, aún existen limitantes de carácter práctico que generan bajos resultados como es el caso de tasas de gestación de 15 a 17 % (Ax *et al.*, 2005).

Los protocolos de sincronización están basados en el efecto luteolítico de las prostaglandinas ($\text{PGF}_{2\alpha}$) (Lucy *et al.*, 2001), en el efecto de los progestágenos para inhibir la conducta de estro (Macmillan *et al.*, 2003) así como en el control folicular y lúteo con hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en combinación con $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Patterson *et al.*, 2003; Rivera *et al.*, 2005). La capacidad de la prostaglandina exógena para causar la regresión del cuerpo lúteo presente en el ovario de hembras que están ciclando, además de la inducción de un estro fértil en un periodo de 3 a 5 d, ha facilitado su uso en programas de

sincronización (Salverson *et al.*, 2002). La disponibilidad y uso de cloprostenol y dinoprost trometamina en México es común, aunque existe la carencia de estudios donde sean comparados. Esto se debe a que se han desarrollado en otras condiciones, tanto geográficas como de manejo respecto al método (Chenault *et al.*, 2003; Lane *et al.*, 2001) lo que hace de vital importancia la conducción de investigación bajo las condiciones ambientales y de manejo en la región para analizar los resultados de ambos productos. El objetivo fue evaluar la respuesta al estro, tasa de preñez y costos, comparando dos fuentes de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (dinoprost trometamina y cloprostenol) en dos protocolos de sincronización.

Materiales y Métodos

La fase experimental se llevó a cabo en dos predios del estado de Chihuahua: El predio 1 se localiza en el municipio de Guerrero, ubicado en 28°33' latitud norte, longitud oeste 107°30' y una altitud de 2,010 msnm. El clima es de transición semi-húmedo, templado, con una temperatura media anual de 13 °C y la máxima oscila entre 39 °C y 44 °C y la mínima -17,6 °C. La precipitación media anual es 517.2 mm; la humedad relativa de 65 %, con promedio anual de 90 d de lluvia. El predio 2, se localiza en el municipio de Santa Isabel; el cual se ubica a 28°21' latitud norte y 106°22' longitud oeste a una altitud de 1,630 msnm. Tiene una distancia aproximada de 50 km a la capital del estado. El clima es semi-húmedo, templado a extremoso, con temperatura máxima de 39 °C y la mínima de -12 °C. La precipitación media anual es 496.7

mm; la humedad relativa de 60 % con promedio de 54 d de lluvia (INEGI, 2002).

En el predio 1, se utilizaron 13 vaquillas y 12 vacas de la raza Pardo Suizo, con peso promedio de 350 y 550 kg, respectivamente. Los animales recibieron manejo nutricional a base de pastoreo por dos h en la mañana en una pradera irrigada de Ryegrass (*Lolium multiflorum* L.), y el resto del día en corral con suplementación en base a dos kg de concentrado comercial por animal con 12 % de PC y rastrojo de maíz a libre acceso.

En el predio 2, se utilizaron 10 y 9 vaquillas con peso promedio de 325 kg y edad de 21 a 24 meses, 8 y 23 vacas de las razas Salers y Angus respectivamente, con peso promedio de 600 kg y de tres a cinco partos. Las hembras fueron identificadas individualmente, vacunadas con Bayovac Blacklegol 7[®], 5 mL por animal y Bayovac Brsv vac 4[®], 2 mL por animal, ambos productos del laboratorio Bayern; además fueron desparasitadas interna y externamente con Dectiver Premium[®] del laboratorio Lapisa, con una dosis de 1 mL por cada 50 kg de peso. La alimentación se realizó en una pradera irrigada de Ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) y trigo forrajero (*Triticum aestivum* L.), la cual tenía 90 d de establecida y fue alternada en agostadero. Las hembras permanecieron 1 h diaria en la pradera y el resto del día en agostadero sin recibir suplementación. Lo anterior antes de iniciar los protocolos de sincronización.

Las hembras fueron revisadas utilizando la técnica de palpación rectal para determinar si estaban ciclando además de revisar las condiciones del aparato reproductor. Posteriormente se asignaron al azar a uno de los dos protocolos de sincronización, los cuales fueron: Predio 1. El protocolo fue a base de CIDR-B (Liberación interna de droga controlada) con 1.9 g de P₄ natural por un periodo de 7 d, aplicando 1.0 mg de cipionato de estradiol (ECP[™], Pfizer Inc.) al día cero, además de la administración de PGF_{2α} por vía

intramuscular, la cual se aplicó a la remoción del dispositivo (T1: 0.30 mg de dinoprost trometamina; Lutalyse[®], Pharmacia & Upjohn Inc., Kalamazoo Mich.; n=12; cinco vacas y siete vaquillas; T2: 0.52 mg de cloprostenol; Reprodín[®], BAYER Animal Health, Shawne misión K. S.; n=13; siete vacas y seis vaquillas). Predio 2. El protocolo de sincronización fue igual al anterior, solo sustituyendo la PGF_{2α} con intervalo de 11 d entre primera y segunda aplicación (T1: 0.30 mg de dinoprost trometamina; n=25; 12 vacas y cuatro vaquillas Angus, cuatro vacas y cinco vaquillas Salers; T2: 0.52 mg de cloprostenol; n=25; 11 vacas y cinco vaquillas Angus, cuatro vacas y cinco vaquillas Salers). El día 0 se inyectaron todos los animales, la segunda dosis se aplicó a los animales que no presentaron estro con la primera dosis al día 11. La administración de los tratamientos fue aleatoria en cada predio. La detección de estros en el predio 1 fue a partir del día siete, posterior a la remoción del CIDR-B; en el predio 2, se hizo posterior a cada inyección de PGF_{2α}. El servicio de IA fue de 12 a 18 h posteriores al inicio del estro en ambos predios.

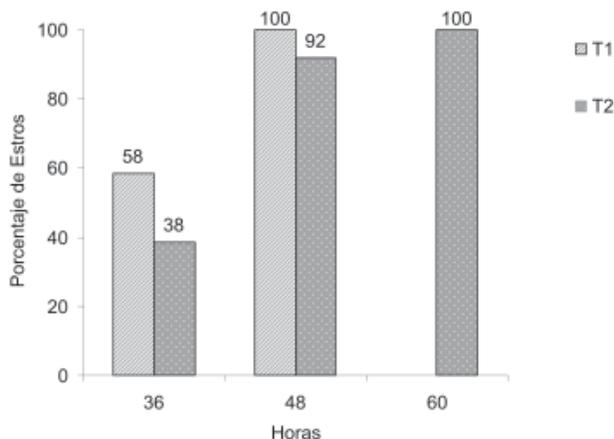
Las variables a evaluar fueron: Porcentaje de estros, intervalo (h) término del tratamiento a inicio de estro, porcentaje de preñez y costo de los tratamientos.

El análisis de porcentaje de estros en el predio 1 no fue necesario, debido a que 100 % de los animales manifestaron estro al concluir el protocolo. En el predio 2, se utilizó un análisis de Chi-cuadrada, utilizando el procedimiento PROC FREQ del paquete estadístico SAS (SAS, 2002). El intervalo (h) del término del tratamiento a inicio del estro se realizó con un análisis de varianza, utilizando el procedimiento GLM del SAS (SAS, 2002), evaluándose un modelo estadístico por cada predio. En el predio 1 se consideraron efectos fijos el tratamiento y el estado fisiológico además de la interacción. En el predio 2, se consideraron efectos fijos el tratamiento, la raza y el estado fisiológico, así

como su interacción. En el predio 1, para la variable porcentaje de preñez, se utilizó una prueba exacta de Fisher (PROC FREQ) para muestras pequeñas en el programa estadístico SAS (SAS, 2002). En el predio 2, se ajustó un modelo para datos categóricos, considerando como efecto fijo el tratamiento, la raza y el estado fisiológico, así como sus interrelaciones, utilizando el procedimiento CATMOD (SAS, 2002). El costo de los tratamientos fue calculado en base los productos utilizados (ECP, CIDR-B, dinoprost trometamina y cloprostamol) y las dosis aplicadas al total de animales.

Resultados y Discusión

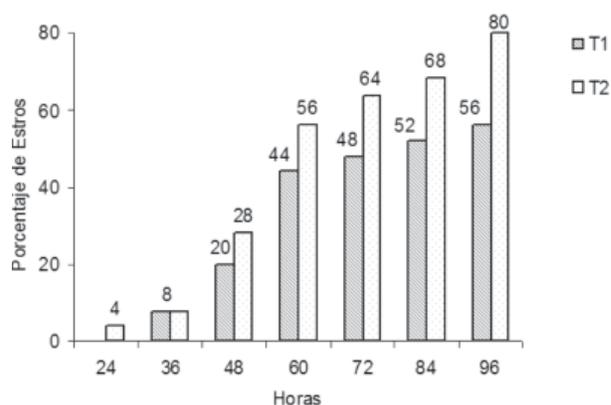
Los resultados para porcentaje de estros en el predio 1 no fueron diferentes ($P > 0.05$), se obtuvo 100 % para ambos tratamientos (Figura 1). Sin embargo, se observa una tendencia a presentar estros en menor tiempo para el T1, ya que a las 48 h el 100 % de las hembras mostraron estro franco, mientras que la respuesta de 100 % del T2 fue hasta las 60 h post-explante. Estos resultados difieren de los reportados por Lucy *et al.* (2001) quienes reportaron 59 % de respuesta al estro utilizando el protocolo de CIDR + PGF_{2α}.



T1 = 0.30 mg dinoprost trometamina ; T2 = 0.52 mg cloprostamol

Figura 1.- Porcentajes de estro acumulativo en vacas y vaquillas Pardo Suizo sincronizadas con ECP y CIDR-B en combinación con PGF_{2α} en el predio 1

Por otra parte Rivera *et al.* (2005) reportaron 86 % de hembras en estro, utilizando únicamente CIDR. Lo anterior pudo ser causa de la combinación de P₄ por un periodo de 7 d antes de la administración de PGF_{2α}, lo que mejora la sincronía del estro (Macmillan y Peterson, 1993).

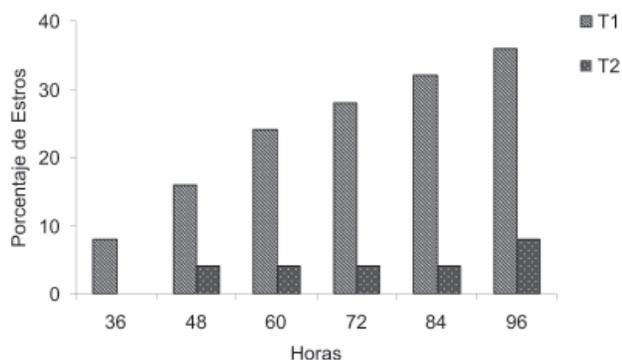


T1 = 0.30 mg dinoprost trometamina ; T2 = 0.52 mg cloprostamol

Figura 2.- Porcentajes de estro acumulativo en vacas y vaquillas sincronizadas con PGF_{2α} en el predio 2 (Dosis 1)

En el predio 2, el resultado global para ambos tratamientos fue 92 vs. 88 % para T1 y T2, respectivamente, no encontrándose diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos, razas o estados fisiológicos. En la primera aplicación se obtuvo 56 vs. 80 % para T1 y T2 (Figura 2); se observa que a partir de las 48 h T2 fue superior a T1 y en la segunda inyección 36 y 8 % (Figura 3); donde T2 tuvo un periodo de mayor distribución a la presentación de estro.

Lo anterior se puede atribuir a la etapa del ciclo estral en la que se encontraban los animales al momento de la inyección de PGF_{2α}. Las hembras en ciclo temprano (días 5 a 9) son menos susceptibles a la aplicación de PGF_{2α} que animales de ciclo tarde (días 13 a 17) o en el caso de las que se encuentran a la mitad del ciclo estral (días 10 a 13) (Bartolomé *et al.*, 2000).



T1 = 0.30 mg dinoprost trometamina ; T2 = 0.52 mg cloprostenol

Figura 3.- Porcentajes de estro acumulativo en vacas y vaquillas sincronizadas con PGF_{2α} en el predio 2 (Dosis 2)

Los resultados obtenidos están en función de la capacidad de las PGF_{2α} para causar la regresión del cuerpo lúteo presente en el ovario, y la inducción subsiguiente de un estro fértil, sin embargo, es influenciada por la etapa del ciclo estral al momento de aplicar el tratamiento (Salverson *et al.*, 2002). Lo anterior pudo ser la diferencia de 24 % del T1 vs. T2 en la primera aplicación de PGF_{2α}, aunque no fue significativa.

La sincronización a la presentación del estro fue similar en tiempo (h) ($P > 0.05$) en ambos tratamientos. En el predio 1 el intervalo fue 39.72 ± 1.66 h y 42.54 ± 1.57 h para T1 y T2, respectivamente. De igual manera no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre vacas y vaquillas. Lemaster *et al.* (1999) no encontraron diferencia en el intervalo de tiempo del término del tratamiento al inicio del estro, utilizando un protocolo a base de CIDR, PGF_{2α} y benzoato de estradiol, el cual, se administró 24 y 48 h después de remover el dispositivo, siendo los intervalos de tiempo de 45.5, 55.9 y 59.2 h para las 24, 48 h y el grupo control, respectivamente. Los intervalos para el predio 2 fueron de 61.17 ± 4.43 y 62.63 ± 4.51 h para T1 y T2, respectivamente. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos, raza ni estado fisiológico ($P > 0.05$). Lo anterior coincide con lo reportado con Ferguson y Galligan (1993) quienes encontraron que del 70 al 90 % de las hembras tratadas

mostraron signos de estro de tres a cinco días después de la aplicación de PGF_{2α}.

En el caso del porcentaje de preñez, en el predio 1 no se encontraron diferencias ($P > 0.05$), siendo 16.67 y 38.46 % para T1 y T2, respectivamente. Aunque la diferencia porcentual es alta entre tratamientos, no se alcanzó a distinguir el mismo efecto estadísticamente. Los bajos porcentajes de preñez obtenidos en este predio pudieron deberse al uso de progestágenos en programas de sincronización de estros, ya que estos pueden generar el desarrollo de folículos ováricos persistentes (FOP) (Fike *et al.*, 1999), los cuales dan origen a oocitos poco saludables y que son la causa de la reducción del porcentaje de preñez (Roche *et al.*, 1999). En el predio 2, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos, siendo 52 y 44 % para T1 y T2, respectivamente; aunque se puede observar una diferencia porcentual de ocho. Resultados similares han sido reportados por Lucy *et al.* (2001) quienes obtuvieron un porcentual de preñez de 50, 55 y 58 % para el grupo control, PGF_{2α} y CIDR+ PGF_{2α}, respectivamente en vacas productoras de carne.

El valor económico de los métodos de SE varía en función del costo de mano de obra, costo de las productos utilizados, así como de la disponibilidad del técnico, entre otros. Es por ello que se realizó el análisis económico así como cálculo del tiempo necesario para desarrollar cada uno de los tratamientos. Así pues, se observó que el costo por dosis fue bajo al utilizar PGF_{2α} (2.27 dólares de EE.UU. por vaca, Cuadro 1) como único producto en un programa de sincronización de estros con resultados aceptables de 80 % para la variable porcentaje de estros para T1 y T2. Aunque el número de días para llevar a cabo el protocolo, la detección de estros e IA es mayor (14 d) respecto a si se combina P₄ con PGF_{2α} o algún otro producto hormonal (2 d).

Cuadro 1. Costos estimados para cada tratamiento

Protocolo	Costo por protocolo (\$ USD)	n	Días de trabajo ^a	Costo total (\$ USD)
ECP + CIDR-B + T1	13.18	12	3	161.18
ECP + CIDR-B + T2	12.73	13	3	168.70
T1	2.27	36	14	56.82
T2	1.18	30	14	45.45

T1 = 0.30 mg dinoprost trometamina; T2 = 0.52 mg cloprostenol;
^a Detección de estros e IA; n = número de dosis utilizadas por tratamiento; USD = Dólares de Estados Unidos

Conclusiones

La SE es una práctica de suma importancia para incrementar el uso de IA, y así mejorar potencialmente la genética de los hatos bovinos. En el presente trabajo, dinoprost trometamina y cloprostenol demostraron eficacia similar para la respuesta y el intervalo a la presentación de estros en los dos protocolos evaluados. Sin embargo, la tendencia a la presentación de signos de estro en ambos fue menor en tiempo para T1.

El porcentaje de preñez en el predio 1 fue bajo, lo cual pudo deberse al uso de progestágenos en programas de sincronización que da origen a oocitos de mala calidad y son la causa en la reducción del porcentaje de gestación, además del régimen alimenticio que recibieron las hembras tratadas, antes y durante la realización del experimento. En el predio 2, se obtuvo mayor resultado para T1 y T2. Se recomienda la IA a estro detectado, ya que se han reportado rangos de inseminación a tiempo fijo desde 72 y hasta 96 h, por lo que el porcentaje de gestación puede ser bajo.

Respecto a los costos de cada protocolo, fueron más económicos los del T2, debido al precio comercial al que está disponible

cloprostenol y al número de dosis que se utilizaron por tratamiento.

Los resultados muestran la factibilidad de utilizar cualquiera de los dos productos con el mismo nivel de eficiencia en un programa de sincronización. Por lo que, la decisión de cual utilizar estará en función de otros factores, como son: disponibilidad de mano de obra, instalaciones y tiempo.

Literatura Citada

- AX, L. R., Cropp, A. R., Pollard, B. Faber, S. N., McCauley, T. C., Dawson, G. R. and Fish, D. 2005. Uso de hormonas para incrementar las tasas de gestación. En: Día Internacional del Ganadero Lechero. Memorias. Delicias, Chihuahua. México. p. 1-20.
- BARTOLOMÉ, J. A., Archbald, L. F., Morresey, P., Hernandez, J., Tran, T., Kelbert, D., Long, K., Risco, C. A. and Thatcher, W. W. 2000. Comparison of synchronization of ovulation and induction of estrus as therapeutic strategies for bovine ovarian cysts in the dairy cows. *Theriogenology*. 53(3): 815-825.
- CHENAULT, J. R., J. F. Boucher, K. J. Dame, J. A. Meyer, y S. L. Wood-Follis. 2003. Intravaginal progesterone insert to synchronize return to estrus of previously inseminated dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2039-2049.
- FERGUSON, J. D. and Galligan, D. T. 1993. Prostaglandin synchronization programs in dairy heifers (Part 1). *Compendium Counting For The Education Practicing Veterinarian Food Animal*. 15: 1127-1130.
- FIKE, K. E., Wehrman, M. E., Lindsey, B. R., Bergfelf, E. G., Melvin, E. J., Quintal, J. A., Zanella, E. L., Kojima, F. N. and Kinder, J. E..1999. Estrus synchronization of beef cattle with a combination of melengestrol acetate and an injection of progesterone and 17 β estradiol. *Journal Animal Science*. 77(3):715-723.
- INEGI. 2002. Anuario estadístico. Chihuahua, Chih. México. Disponible en: www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/soc/nav/cer/cersse/c01.xls#1.5!A1; Accesado: 23/06/2002.
- LANE, E. A., E. J. Austin, J. F. Roche, y M. A. Crowe. 2001. The effect of estradiol benzoate or a synthetic gonadotropin-releasing hormone used at the start of a progesterone treatment on estrous response in cattle. *Theriogenology*. 56:79-90
- LEMASTER, J. W., Yelich, J. V., Kempfer, J. R. and Schrick, F. N. 1999. Ovulation and estrus characteristics in crossbred Brahman heifers treated with an intravaginal progesterone-releasing insert in combination with prostaglandin F_{2 α} and estradiol benzoate. *Journal Animal Science*. 77(7): 1860-1868.
- LUCY, M. C., Billings, H. J., Butler, W. R., Ehnis, L. R., Fields, M. J., Kesler, D. J., Kinders, J. E., Mattos, R. C., Short, R. E., Thatcher, W. W., Wettemann, R. P. Yelich, Y. J. and Davis, H. D. 2001. Efficacy of intravaginal progesterone insert and an injection of PGF_{2 α} for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers and dairy heifers. *Journal Animal Science*. 79(4): 982-995.

- MACMILLAN, K. L. and Peterson A. J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrus synchronization, increasing pregnancy rates, and the treatment of post-partum anestrus. *Animal Reproduction Science*. 33(1-4): 1-25.
- MACMILLAN, K. L., Segwagve, B. V. E. and Pino, C. S. 2003. Associations between the manipulation of patterns of follicular development and fertility in cattle. *Animal Reproduction Science*. 78(3-4): 327-344.
- MURUGAVEL, K. 2003. Reproductive performance of dairy cows following different estrous synchronization protocols. España. Dissertacions (Ph.D.) Facultat de Veterinària, *Universitat Autònoma de Barcelona*. 137 p.
- PATTERSON, D. J., Kojima, F. N. and Smith, M.F. 2003. A review of methods to synchronize estrus in replacement beef heifers and postpartum cows. *Journal Animal Science*. 81(14, Supplement 2): E166-E177.
- RABIEE, A. R., Lean, I. J. and Stevenson, M. A. 2005. Efficacy of ovsynch program on reproductive performance in dairy cattle: A meta-analysis. *Journal Dairy Science*. 88(8): 2754-2770.
- RAMÍREZ, G. J. A. y Miller, G. B. 2004. Adelantos biotecnológicos en reproducción animal aplicada a bovinos de carne. Colección: Textos universitarios. *Universidad Autónoma de Chihuahua*. Chihuahua, Chih. México. 171 p.
- RIVERA, H., Lopez, H. and Fricke, P. M. 2005. Use of intravaginal progesterone-releasing inserts in a synchronization protocol before timed ai and for synchronizing return to estrus in Holstein heifers. *Journal Dairy Science*. 88(3): 957-968.
- ROCHE, J. F., Austin, J., Ryan, M., O'Rourke, M., Mihm, M. and Diskin, M.G. 1999. Regulation of follicle waves to maximize fertility in cattle. *Journal Reproduction Fertility Supplement*. 54: 61-71.
- SALVERSON, R. R., Dejarquette, J. M., Marshall, C.E. and Wallace, R. A. 2002. Synchronization of estrus in virgin beef heifers using melengestrol acetate and PGF_{2α}: an efficacy comparison of cloprostenol and dinoprost tromethamine. *Theriogenology*. 57(1): 853-858.
- SAS. 2002. User guide statically analysis system. SAS Institute, Inc. Cory, W. C. 

Este artículo es citado así:

Romero-Santamaría M. E., Alberto Flores-Mariñelarena, José Arturo García-Macías, Alfredo Anchondo-Garay, Carlos Rodríguez-Muela, Lorenzo Antonio Durán-Meléndez, Jorge Alfonso Jiménez-Castro. 2009. *Sincronización de estros en bovinos con dos fuentes de prostaglandinas*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(1): 19-26.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

MARÍA ELENA ROMERO SANTAMARÍA. 2002 Ingeniero Agrónomo Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo; 2006 Maestría en Ciencias, Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, 2006 – 2008 Encargada del área de crianza de lechones de la compañía de Murphy Brown en EE.UU.

ALBERTO FLORES MARIÑELARENA. 1986 Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; 1991 Maestro en Ciencias, Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; Académico Titular C de 1986 a la fecha en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; 2000 – 2004 Jefe del Departamento de Reproducción y Genética de la División de Posgrado e Investigación de la Facultad de Zootecnia; 2006 – A la fecha coordinador de Investigación de la Secretaría de Investigación de la Facultad de Zootecnia y Ecología; Participación en 64 publicaciones en diversas revistas con arbitraje, congresos y foros, nacionales e internacionales

JOSÉ ARTURO GARCÍA MACÍAS. No. SNI: 7566, Nivel I; Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, 1981; Maestría en Ciencias, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, 1986; Doctorado en Veterinaria, Facultad de Veterinaria, Universidad Autónoma de Barcelona, España 1995; Artículos con arbitraje publicados, 18; Artículos con arbitraje aceptados 2; Capítulos de libro aceptados, 2; Artículos en memorias en extenso 64; Difusión 9; Formación de recursos humanos: Licenciatura 2, Especialidad 2, Maestría 16, Doctorado 3; Cursos internacionales impartidos 13; Responsable de proyectos, 10; Participación en proyectos interinstitucionales 5; Vinculación con la industria, SIGMA alimentos noroeste, Carne seca "La Estampida", Carne Seca "Chejos", Asociación de productores de trucha región Madera, A.C., GAVATT productores acuícolas del noroeste; Perfil PROMEP: 1998 a la fecha; Consultor tecnológico especialista del CONACYT de 1999 a la fecha clave RCCT – E00237; Registro CONACYT de evaluadores acreditados RCEA-06-7099-2002: Profesor de tiempo completo, Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

ALFREDO ANCHONDO GARAY. Perfil PROMEP: Noviembre del 2006 a la fecha; 1981, Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH); 1986 Maestría en Ciencias, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua; Área: "Reproducción y Genética Animal". Últimos puestos desempeñados: Jefe del Departamento de Reproducción y Genética Animal. Secretaría de Investigación y Posgrado, Facultad de Zootecnia y Ecología. UACH; Responsable del Laboratorio de Procesamiento de Semen e Inseminación Artificial, Facultad de Zootecnia y Ecología UACH; Presidente de la Academia de Reproducción y Genética Animal, Facultad de Zootecnia y Ecología UACH; resumen de publicaciones, 8 Arbitradas, 18 en memorias en extenso y 6 de difusión; formación de recursos humanos asesorados: 15 de maestría y 2 de licenciatura.

CARLOS RODRÍGUEZ MUELA. Es Ingeniero Zootecnista desde 1982 y estudio la maestría en producción animal en 1992 y el doctorado con especialidad de nutrición animal en 1999 en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Se ha desempeñado como maestro investigador de tiempo completo en la facultad de zootecnia desde 1982, impartiendo diversas cátedras de licenciatura y posgrado habiendo formado a la fecha 8 maestros en ciencias y 2 doctores. Cuenta con el perfil PROMEP desde el 2001. Actualmente es miembro del Cuerpo Académico de Nutrición Animal (UACHIH-CA1) y cultiva la línea de investigación "Bio-procesado y evaluación integral de alimentos para animales". Ha sido responsable técnico de 8 proyectos de investigación financiados por diversas Instituciones y dependencias oficiales y ha participado en mas de 25 congresos Nacionales e Internacionales y publicado diversos trabajos como resultado de la investigación desarrollada por más de 20 años. Ha colaborado como asesor técnico de diversas dependencias públicas y privadas como ALBAMEX, SA de CV, Fundación Produce Chihuahua y la Unión Ganadera Regional de Chihuahua, además de otros organismos y empresas privadas, relacionados con la producción animal en el Estado

LORENZO ANTONIO DURÁN MELÉNDEZ. Ingeniero Zootecnista, 1984. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua., Maestro en Ciencias en Producción Animal Tropical. 1991, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Maestro en Educación Superior. 2000. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Chihuahua. Ph.D. en Nutrición Animal, 2006, The University of Nottingham, Nottingham, UK. Puesto actual: Coordinador de Publicaciones de Posgrado, Coordinador de la Carrera de Ingeniero Zootecnista en Sistemas de Producción Facultad de Zootecnia, UACH. Publicaciones: 15 artículos in extenso en congresos nacionales e internacionales, 80 artículos de difusión, 4 manuales técnicos, 2 capítulos de libro. Tesis dirigidas: 2 de licenciatura, 6 de maestría en ciencias.

Destete precoz en ganado criollo mexicano de rodeo

Early weaning in the rodeo mexican criollo cattle

OSCAR RUIZ-BARRERA^{1,3}, ALFREDO ANCHONDO-GARAY¹, ALBERTO FLORES-MARIÑELARENA¹, JOSÉ GONZALO RÍOS-RAMIREZ¹, FELIPE RODRÍGUEZ-ALMEIDA¹ Y YAMICELA CASTILLO-CASTILLO²

Recibido: Enero 28, 2009

Aceptado: Mayo 25, 2009

Resumen

El ganado criollo de rodeo se caracteriza por presentar un bajo comportamiento productivo, como consecuencia, su explotación tiene una baja rentabilidad financiera y debe darse mayor énfasis en mejorar estas características. En este estudio, se utilizaron 22 vacas con sus crías de una edad promedio de 66 días, que fueron asignadas en forma aleatoria a dos tratamientos; destete normal (DN) ($n_1=11$) y destete precoz (DP) ($n_2=11$) con el objetivo de medir el efecto de la separación temprana de las crías de sus madres en el comportamiento productivo de ellas. Durante el estudio, se evaluó el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) de las vacas y el porcentaje de gestación (PG), así como el PV de las crías. No se encontraron diferencias significativas para PV (266.7 y 289.79 kg para DN y DP respectivamente), CC (4.5 y 4.9 para DN y DP respectivamente), PV de las crías (127.0 y 134.6 kg para DN y DP respectivamente), ni para PG (55 y 82 % para DN y DP respectivamente). A pesar de la falta de significancia estadística, hubo mejoras sustanciales numéricas en los parámetros medidos. Estos resultados sugieren que el uso de programas de destete precoz puede ser de utilidad limitada para mejorar los parámetros productivos de vacas de rodeo en condiciones extensivas.

Palabras clave: *anestrous, amamantamiento, preñez.*

Abstract

Mexican criollo cattle are characterized by a poor productive performance and consequently its production shows low financial return and it is necessary to improve these characteristics. In this particular study, twenty two Mexican criollo rodeo cows with calves were assigned at random to two treatments: traditional weaning (TW) ($n_1=11$) and early weaning (EW) ($n_2=11$) to determine the effect of early separation of the calves from their dams on the productive performance of rodeo cows. Body weight (BW), body condition (BC) and pregnancy rate (PR) of the cows, and BW of the calves were determined. No significant differences were found for BW (266.7 and 289.8 Kg for TW and EW respectively), BC (4.5 and 4.9 for TW and EW respectively) BW of the calves (64.6 and 65.1 Kg for TW and EW respectively), neither for PR (55 and 82 % for TW and EW respectively). Although there was no statistical significance, important numerical improvements were found in the parameters measured. These data suggest that utilization of early weaning programs can be a limited tool to increase production parameters of rodeo cows under extensive conditions.

Keywords: *anestrous, suckling, pregnancy*

¹ Profesor de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Admón. Correos 4-28, CP 31031, Chihuahua, México.

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

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

Introducción

Una de las características productivas más importantes del ganado de rodeo es la pobre eficiencia reproductiva que muestra, lo cual se traduce en una baja rentabilidad de este sistema de producción extensiva; investigaciones recientes han puesto énfasis en tratar de mejorar estas características indeseables, tales como el intervalo entre partos que en la mayoría de las veces puede llegar hasta los tres años.

Este ganado de bajo peso y cuernos grandes, es apropiado para eventos de rodeo profesional, y sus características fenotípicas lo hacen un animal ideal para este tipo de suertes, por lo que ha adquirido importancia en el mercado de Estados Unidos de América, alcanzando precios muy razonables, por lo que la explotación de estos bovinos ha tendido a incrementarse en los últimos años (Zárate, 2008; Ríos 1997).

Hernández (2001) reportó que a la edad de cuatro años las vacas criollas ya presentan su primer parto, y a lo largo de su vida productiva, pueden tener de cuatro a cinco crías. Después del parto, el estímulo de la cría favorece un periodo sin ciclos estrales, cuya finalidad es permitir que la madre se recupere de los efectos de la gestación y que asegure la supervivencia de la cría (McNeilly 1997; Rhodes *et al.*, 2003).

Otros reportes mencionan que entre los factores que afectan el restablecimiento de la actividad reproductiva después del parto, están la nutrición y el efecto del amamantamiento (Casasús, 2007). En el caso especial de vacas que amamantan a su cría durante un tiempo prolongado después del parto, los ciclos estrales se reiniciarán dependiendo de la producción de leche, y de la condición de las vacas, principalmente. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del destete precoz, como una técnica para mejorar el comportamiento productivo y reproductivo de vacas criollas de rodeo, en condiciones de agostadero, así como determinar el comportamiento de sus crías.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el predio Teseachi, de la Universidad Autónoma de Chihuahua, localizado en el municipio de Namiquipa, Chihuahua en el año de 2004-2005. El tipo de vegetación predominante es bosque de encino-pino y encino, con pastizal amacollado predominando las especies *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua hirsuta* y *Lycurus phleoides* y su composición química (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química del pastizal

Variable	%
Materia seca	95.67
Proteína cruda	10.94
Fibra cruda	31.35
Extracto etéreo	1.75
Extracto libre de nitrógeno	14.11
Cenizas	0.45
Calcio	0.30
Fósforo	50.17
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica (%)	2.34
Energía metabolizable (Mcal/kg ⁻¹ MS ⁻¹)	

Se utilizaron 22 vacas criollas de rodeo, paridas, que presentaban un peso vivo (PV) promedio de 290.1±32.3 kg y 66±33 d posparto, mientras que las crías tenían un PV promedio de 64.9±15.8 kg. Las 22 vacas con sus crías se asignaron en forma aleatoria a dos tratamientos: destete normal (DN) (n₁=11) y destete precoz (DP) (n₂=11). En DN las crías permanecieron con las madres durante todo

el periodo que duró la prueba (180 ± 10.2 d), mientras que a las vacas en DP las crías les fueron separadas de manera temprana (68 ± 3.8 d). Las crías destetadas precozmente, se alojaron en un corral y recibieron en promedio 1.5 lt d^{-1} de leche entera de vaca durante los primeros 35 d. A partir de la sexta semana, recibieron una alimentación *ad libitum* basada en heno de alfalfa y un concentrado comercial que contenía 16 % de proteína cruda (PC). A la octava semana, recibieron una dieta *ad libitum* con 17 % PC y $0.88 \text{ Mcal de ENm kg}^{-1}$ de MS (Cuadro 2). No se registró la edad de las vacas ya que no se contaba con su fecha de nacimiento al proceder de otros hatos. Se evaluó el PV mediante el pesaje individual de las vacas al inicio y al final del experimento, sin ayuno previo, mediante una báscula electrónica de barras (Tru-Test EC 2000, DURESPO S.A. precisión ± 10.0 g). El manejo de las vacas (sin ayuno, sin pesajes intermedios, etc.) se realizó de la manera más sencilla debido al manejo difícil de este tipo de ganado rústico y en agostaderos de terreno escarpado.

Cuadro 2. Composición de la dieta ofrecida a crías alojadas en corral

Ingrediente	% materia seca
Heno de alfalfa	80.16
Maíz rolado	17.39
Harinolina	1.54
Melaza	0.50
Premezcla de minerales ¹	0.41

¹ Contiene aproximadamente: Ca 11.5 %; P 12 %; Mg 0.6 %; Mn 2,160 ppm; Zn 2,850 ppm; Fe 580; Cu 1,100 ppm; I 102 ppm; CO 13 ppm; Se 9 ppm

Para la condición corporal de las vacas se utilizó una escala de uno a nueve considerándose una vaca de calificación uno como emaciada y de calificación nueve como extremadamente obesa (Richards *et al.*, 1986).

El diagnóstico de gestación (PG), se realizó mediante la técnica de palpación rectal, 60 d después de finalizar el período de empadre. Los modelos que se utilizaron para el análisis de las variables continuas de PV (peso vivo) y CC (condición corporal) de las vacas así como el PV de las crías fueron completamente aleatorios con dos tratamientos utilizando el procedimiento MIXED (SAS, 2002).

El modelo empleado en el análisis de las variables PV y CC de la vacas (medición inicial) fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

El modelo empleado en el análisis de las variables PV y CC de las vacas (mediciones posteriores a la inicial) que incluyó el efecto de la medición inicial como covariable fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + X_{ij} + e_{ij}$$

El modelo empleado en el análisis de las variables PV de las crías (medición inicial) fue:

$$Y_{ijk} = \mu + S_j + (T * S)_{ij} + e_{ijk}$$

El modelo empleado en el análisis de las variables PV de las crías (mediciones posteriores a la inicial) que incluyó el efecto de la medición inicial como covariable fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + X_{ijk} + (T * S)_{ij} + e_{ijk}$$

Para el análisis de la variable PG se realizó una comparación de dos proporciones (prueba de Z), considerando una hembra que empezó a ciclar o un diagnóstico de gestación positivo como éxito (PG), aplicando la prueba de Fisher en los diferentes períodos de medición. Esta variable discreta fue analizada utilizando el procedimiento FREQ (SAS, 2002). Se consideró el nivel de probabilidad de 0.05 por debajo del cual se acepta que una diferencia es significativa.

Resultados y discusión

El PV de las vacas no mostró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos al final del experimento (Cuadro 3). Sin embargo, se observó que el PV disminuyó a lo largo de la prueba, siendo esta disminución casi cuatro

veces mayor para las vacas del DN (18.9 kg) en relación con DP (4.8 kg). Arthington y Kalmbacher (2003) con ganado Bradford y la cruce de Brahman x Angus, encontraron que vacas destetadas precozmente resultaron más pesadas con mejor CC y tasa de preñez más alta que vacas destetadas de manera normal.

Cuadro 3. Peso vivo, condición corporal y porcentaje de gestación de vacas en los tratamientos evaluados

Variable	DN	DP	E E ±	Valor de P<
PV _{ini} ^a	285.6	294.5	9.9	0.54
PV _{fin} ^b	266.7	289.7	9.6	0.34
CC _{ini} ^c	4.9	4.5	0.1	0.07
CC _{fin} ^d	4.5	4.8	0.2	0.25
PG ^e	55.8	82.0	---	0.15

^a Peso vivo inicial (kg)

^b Peso vivo final (kg)

^c Condición corporal inicial (unidades)

^d Condición corporal final (unidades)

^e Porcentaje de gestación

La CC tampoco mostró significancia ($P>0.05$) ni al inicio (4.9 vs 4.5) ni al final del experimento (4.5 vs 4.8), para DN y DP, respectivamente. Se ha reportado que el comportamiento reproductivo de las vacas se encuentra asociado con su CC (Morrison *et al.*, 1999). Regularmente la CC disminuye después del parto, cuando las demandas nutricionales de la vaca se encuentran en un nivel máximo. Sin embargo, desde hace dos décadas, se ha reportado que el destete precoz de la cría puede tener efectos en el estado nutricional de la madre. Las observaciones del presente estudio muestran que a pesar de haber sido liberadas de la demanda energética que significaba amamantar a su cría, las vacas del grupo DP no fueron capaces de mantener su PV, aunque mostraron una mejoría numérica en esta

variable comparadas con las vacas del grupo DN. Lo anterior concuerda con Peterson *et al.*, (1987), quienes reportaron que vacas en un destete precoz ganaron 2.5 kg de peso mientras que vacas de destete normal perdieron 18.2 kg en el intervalo entre destetes. Asimismo, no se detectaron diferencias estadísticas ($P>0.10$) entre tratamientos en cuanto al PV de las crías al final del experimento, para DN y DP, respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Peso vivo de las crías en los tratamientos evaluados

Variable	DN	DP	E E ±	Valor de P<
PV _{ini} ^a	64.6	65.1	0.94	0.94
PV _{fin} ^b	127.0	134.6	0.25	0.25

^a Peso vivo inicial (kg)

^b Peso vivo final (kg)

Existe poca información acerca del comportamiento productivo de crías de ganado criollo destetadas precozmente y desarrolladas en corral, no así para ganado productor de carne. Los resultados del presente estudio, así como los reportados por Myers *et al.* (1999) comprueban que ofreciendo una ración balanceada se pueden controlar, aunque no sustancialmente, los efectos negativos que pudiera tener el destete precoz en el comportamiento de las crías en corral e incluso, revertirlos a favor de una mayor productividad. Carcedo *et al.* (2008) y Mahecha *et al.* (2004) reportaron que crías destetadas precozmente y desarrolladas sin restricciones alimentarias no afectaron su madurez ni eficiencia reproductiva. El PG no mostró diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados. Randel (1990) revisó los aspectos por los cuales la nutrición influye sobre la reproducción en vacas que se encuentran en período posparto, y concluyó

que las deficiencias nutricionales inhiben la liberación del factor liberador de hormona luteinizante (LHRH) por el hipotálamo. En ese sentido, se ha observado que el PV y la CC, como reflejo de las reservas de energía de un animal, influyen en su comportamiento reproductivo (Wettemann *et al.*, 2003) con efectos directos e indirectos en el hipotálamo y pituitaria, por lo que el consumo de una dieta baja en energía puede afectar la función ovárica. La importancia del estado nutricional de las vacas, controlado como CC, se hizo evidente en estudios como el de Houghton *et al.* (1990). Estos autores encontraron tasas de gestación más altas en vacas con CC moderada, que en aquellas que se encontraban desviadas de este nivel. En ese sentido, es pertinente observar que, tanto las vacas del grupo DN como las del DP, se encontraban en CC moderada al momento del destete precoz e inicio del periodo de empadre, y continuaron de esa forma hasta el final del experimento.

Conclusiones

Se concluye que el destete precoz es útil para mejorar de una manera limitada el comportamiento productivo de ganado criollo de rodeo, sobre todo en aquellas vacas que paren en una etapa tardía justo antes o al inicio de la época de empadre, sin afectar negativamente el desarrollo de las crías en corral cuando éstas son suplementadas con concentrados.

Por otro lado, las crías destetadas precozmente lograron recuperarse y al final mostrar una ventaja numérica en cuanto a peso vivo respecto a las crías sujetas al destete normal. Sin embargo estos resultados se pueden considerar como preliminares en virtud del número reducido de animales bajo experimentación, por lo que se recomienda continuar con este tipo de caracterización reproductiva con un mayor número de unidades experimentales, además de incluir

en las mediciones el efecto de la nutrición sobre el comportamiento productivo y reproductivo, llevando a cabo análisis de balance alimentario.

Literatura citada

- ARTINGTON, J. D., y Kalmbacher, R. S. 2003. Effect of early weaning on the performance of three-year-old, first-calf beef heifers and calves reared in the subtropics. *J. Anim. Sci.* 81:1136-1141.
- CASASÚS, I., Blanco, M., Sanz, A., Bernues, A., Revilla, R. 2007. Consecuencias técnicas del destete precoz de los terneros nacidos en otoño sobre los rendimientos del rebaño en sistemas extensivos. XII jornadas sobre producción animal. Córdoba, Argentina.
- CARCEDO, J. A., Alonso, A., Menajovsky, J., Álvarez, C.F. 2008 Efecto del destete precoz de terneras sobre su fertilidad en sistemas de carne con entore a los dos años. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal* 16: 13-17
- HERNÁNDEZ, S. R. M. 2001. Rescate del ganado de rodeo en el Estado de Chihuahua. *Revista Tercer Milenio*. May-Jun. Chihuahua, Chih. Méx. p 20-21.
- HOUGHTON, P. L., Lemenager, R. P., Horstman, L. A., Hendrix, K. S. y Moss, G. E. 1990. Effects of body composition, pre and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J. Anim. Sci.* 68:1438-1446.
- MAHECHA, L., Giraldo, D. Arroyave, J., Restrepo, L. 2004. Evaluación del silvopastoreo como alternativa para el manejo del destete precoz en terneros Cebú. *Livestock Research for Rural Development* Vol. 16 Art. 30
- MCCONNELLY, A. S. 1997. Lactation and fertility. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia*. 2:291-298.
- MYERS, S. E., Faulkner, D. B., Ireland, F. A. y Parret, D. F. 1999. Comparison of three weaning ages on cow-calf performance and steer carcass traits. *J. Anim. Sci.* 77:323-329.
- MORRISON, D. G., Spitzer, J. C. y Perkins, J. L. 1999. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. *J. Anim. Sci.* 77:1048-1054.
- PETERSON, G. A., Turner, T. B., Irvin, K. M., Davies, M. E., Newland, H. W. y Harvey, W. R. 1987. Cow and calf performance and economic considerations of early weaning of fall-born beef calves. *J. Anim. Sci.* 64:131-136
- RANDEL, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:853-862
- RHODES, F.M., McDougall, S., Burke, C.R., Verkerk, G. A. y Macmillan, K. L. 2003. Treatment of cows with an extended postpartum anestrus interval. *J. Dairy Sci.* 86:1876-1894.
- RÍOS R. J. G. 1997. El ganado criollo, un auténtico producto chihuahuense de exportación. *Synthesis agropecuaria*. Abr-Jun. Pp. 3-5
- RICHARDS, M. W., J. C. Spitzer, y M. B. Warner. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62:300-306.
- SAS. 2002. User's guide: Statistics. SAS Institute, Inc. Cary, North Caroline. USA.
- WETTEMANN, R. P., Lents, C. A., Ciccio, N.H., White, F. J. y Rubio, I. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2):E48-E59.
- ZÁRATE, M. J. P. 2008. Alternativas de manejo y uso de CIDR, progesterona, β -estradiol y PGF_{2 α} para la sincronización del estro en vacas criollas de rodeo. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. 

Este artículo es citado así:

Ruiz-Barrera, O., A. Anchondo-Garay, A. Flores-Mariñelarena, J. G. Ríos-Ramírez, F. Rodríguez-Almeida y Y. Castillo-Castillo. 2009. Destete precoz en ganado criollo mexicano de rodeo. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(1): 27-32.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

OSCAR RUIZ BARRERA. Egresó de la Facultad de Zootecnia en 1970, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) como Ingeniero Zootecnista. Realizó la Maestría en Ciencias en la especialidad de Forrajes en 1980 en el Colegio Superior de Agricultura Tropical en Tabasco, México (SARH) y el Doctorado en Filosofía especialidad en Nutrición de Rumiantes (1993) en la Universidad de Reading, Inglaterra, Reino Unido. Se ha desempeñado como maestro de tiempo completo en la Facultad de Zootecnia de la UACH por 34 años, impartiendo cursos a nivel licenciatura, maestría y doctorado. Ha estado involucrado en actividades de investigación desde 1970. Ha graduado con tesis a 3 alumnos licenciatura, 10 de maestría y 6 de doctorado. Ha publicado 20 artículos científicos en revistas arbitradas e indexadas internacionales, como autor y coautor, 5 artículos en revistas de difusión nacionales, más de 40 trabajos en congresos nacionales e internacionales, un capítulo en un libro y coeditor en otro. Asimismo se ha desempeñado en diversas comisiones y puestos administrativos en la Universidad Autónoma de Chihuahua, como secretario académico, secretario administrativo y director general de la facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. Actualmente funge como líder del Cuerpo Académico «Nutrición Animal» y cultiva la línea de Generación y Aplicación del Conocimiento «Bioprocesado y evaluación integral de alimentos para animales». Pertenecer al Sistema Nacional de Investigadores (SNI nivel 1) y al Registro de Evaluadores Acreditados del CONACYT (RCEA), contando además con el reconocimiento de Perfil Deseable (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública, desde el año 2001. Es árbitro de artículos científicos de revistas indexadas nacionales e internacionales, como Universidad y Ciencia, Interciencia, Revista Científica de Veterinaria de la Universidad de Zulia.

ALFREDO ANCHONDO GARAY. Perfil PROMEP: Noviembre del 2006 a la fecha; 1981, Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH); 1986 Maestría en Ciencias, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua; Área: "Reproducción y Genética Animal". Últimos puestos desempeñados: Jefe del Departamento de Reproducción y Genética Animal. Secretaría de Investigación y Posgrado, Facultad de Zootecnia y Ecología. UACH; Responsable del Laboratorio de Procesamiento de Semen e Inseminación Artificial, Facultad de Zootecnia y Ecología UACH; Presidente de la Academia de Reproducción y Genética Animal, Facultad de Zootecnia y Ecología UACH; resumen de publicaciones, 8 Arbitradas, 18 en memorias en extenso y 6 de difusión; formación de recursos humanos asesorados: 15 de maestría y 2 de licenciatura.

ALBERTO FLORES MARIÑELARENA. 1986 Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; 1991 Maestro en Ciencias, Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; Académico Titular C de 1986 a la fecha en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; 2000 – 2004 Jefe del Departamento de Reproducción y Genética de la División de Posgrado e Investigación de la Facultad de Zootecnia; 2006 – A la fecha coordinador de Investigación de la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Zootecnia y Ecología; participación en 64 publicaciones en diversas revistas con arbitraje, congresos y foros, nacionales e internacionales.

YAMICELA CASTILLO CASTILLO. Se graduó en 1995 como médico veterinario zootecnista en la Universidad de Granma, Bayamo, Cuba; en 2006 completa su maestría en ciencias en producción animal realizada conjuntamente en dos instituciones, el Instituto de Ciencia Animal del Ministerio de Educación Superior (MES) de Cuba y Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH); en la actualidad es candidato a doctor en producción animal por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Profesionally se desempeña como maestra-investigadora del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) campus Nuevo Casas Grandes. Ha publicado como autora y coautora 12 artículos científicos en revistas indexadas nacionales e internacionales y ha presentado más de 20 ponencias en congresos científicos del país y del extranjero. Su área de investigación es fisiología y microbiología del rumen.

Condiciones para el desarrollo de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de chapulín frijolero

Conditions for the development of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for the biological control of the bean grasshopper

C. GERARDO BARAJAS-ONTIVEROS¹, MARÍA DOLORES MORALES-ROMANO², ELIO MINEL DEL POZO-NUÑEZ³,
MARÍA DE LOURDES RODRÍGUEZ-AGUILAR¹ Y JUAN JAVIER NÚÑEZ-LÓPEZ¹

Recibido: Enero 05, 2009

Aceptado: Abril 25, 2009

Resumen

El chapulín frijolero (*Brachystola magna* Girard), es un problema en la zona temporalera del estado de Chihuahua, ya que afecta más del 60 % de la superficie sembrada anualmente. Para su control se emplean insecticidas organofosforados y cebos envenenados (CESAVECH, 2001); sin embargo, su uso excesivo ha provocado resistencia de la plaga, acumulación de residuos en el medio ambiente y daños a la flora y fauna silvestre benéfica. Como una alternativa de control biológico se considera el uso de organismos benéficos, que pueden ser incorporados al manejo integrado de plagas, sin efectos nocivos para el medio ambiente y la salud del hombre y los animales (Jiménez 1998). En este trabajo se estudiaron las condiciones óptimas (medio de cultivo, luz y temperatura) para el desarrollo de los aislamientos nativos de hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bb001) y *Metarhizium anisopliae* (Ma002), con el fin de utilizarlas en la regulación de la población del chapulín frijolero. Los aislamientos se evaluaron en siete medios de cultivo y siete temperaturas. La mayor esporulación se observó en el medio SDA. El aislamiento Bb001 mostró el mayor crecimiento en AHM. El crecimiento y esporulación fueron mayores bajo oscuridad continua y a una temperatura de 25 °C. Por otro lado, Ma002 mostró mayor crecimiento en SDA, mayor crecimiento en oscuridad continua, mayor esporulación con luz continua y la temperatura óptima fue de 30 °C. Los resultados mostraron que pueden controlarse adecuadamente las variables ambientales en el laboratorio, para la reproducción de los hongos *B. bassiana* (Bb001) y *M. anisopliae* (Ma002), aislamientos prometedores como una alternativa de control biológico.

Palabras clave: Hongos entomopatógenos, control biológico, organismos benéficos, medios de cultivo, *Brachystola magna*, bioinsecticidas.

Abstract

The bean grasshopper (*Brachystola magna* Girard) is a problem in the temporal zone of Chihuahua, because affects above 60 % of the annually sown surface. Organophosphate insecticides and poisoned baits are used to control this insect (CESAVECH, 2001); however, their excessive use has led to pesticide resistance, residues accumulation in the environment affecting beneficial wild flora and fauna. The use of beneficial organisms is an alternative of biological control to be incorporated in any integrated pest management. It does not have effects to the environment, nor produce damage on health of men and animals (Jiménez, 1998). In this research, the environmental conditions were studied (culture medium, light and temperature effect), which are suitable for the development of native isolates of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bb001) y *Metarhizium anisopliae* (Ma002). The environmental control is important to regulate growth of bean grasshopper population in temporal region of Chihuahua state. The isolates were evaluated in seven culture mediums and seven temperatures. The greatest isolates sporulation was observed in SDA. The isolate Bb001 had the best growth in AHM. Isolates growth and sporulation were better under continuous darkness and at 25 °C temperature. On the other hand, Ma002 showed the best growth in SDA, and under continuous darkness; however, the highest sporulation was observed under continuous light and at 30 °C temperature. The results demonstrated that lab environmental variables can be controlled for growth and development of entomopathogenic fungus *B. bassiana* and *M. anisopliae*, which are promising isolates as an alternative of biological control.

Keywords: Entomopathogenic fungus, biological control, beneficial organisms, culture mediums, *Brachystola magna*, bio insecticides.

¹ Profesor de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Km 2.5 Carretera Delicias Rosales, Delicias, Chih., México .33000. Tel. (639) 472-27-26 / 472-23-51. gbarajas@uach.mx.

² Estudiante del Postgrado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua.

³ Profesor Investigador de la Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

Introducción

El frijol, *Phaseolus vulgaris*, es la principal fuente de proteína vegetal para el sector rural de bajos ingresos en México. Este cultivo es dañado por diversas plagas, entre las que destaca el chapulín frijolero, insecto controlado generalmente con agroquímicos. Poca información disponible se conoce sobre la utilización del control biológico, y acerca de la eficacia de agentes nativos y las condiciones ambientales apropiadas para su desarrollo.

El frijol es el segundo cultivo en importancia, después del maíz, por la superficie sembrada. En el estado de Chihuahua se cultivan 120 mil hectáreas en condiciones de temporal; con un rendimiento entre 433 y 367 kg/ha (SARH, 1990; García, 1992; SIAP-SAGARPA, 2003).

El cultivo del frijol es afectado por plagas que pueden causar daño en todos los estados de desarrollo, sobresaliendo el chapulín frijolero, *Brachystola magna* Girard; por otro lado, periodos de clima cálido y seco son condiciones que originan brotes graves de chapulines (Davison y Lyon, 1986); cuando el ambiente es favorable, las bandas o mangas de langostas, pueden contener un mínimo de 6 000 a 10 000 individuos, (Kone, 1998), o más de 300 000 cada una, (Hunter *et al.*, 2001); sin embargo, la población disminuye cuando se prolongan los periodos de sequía (Darby, 2001). Normalmente las mangas avanzan 0.2 a 1.3 km por día (Kone, 1998), aunque el viento puede arrastrarlos hasta 500 km en un día (Darby, 2001).

Se le considera una plaga a nivel mundial (USDA 2001, Salas *et al.*, 2003). En el estado de Chihuahua, afecta 60-80 % de la superficie sembrada anualmente. Como una forma de control se emplean insecticidas organofosforados y cebos envenenados (CESAVECH, 2001); sin embargo, su uso excesivo ha provocado resistencia de la plaga, además de que su acumulación en el medio ambiente afecta la flora y fauna silvestre benéfica; en el hombre ha causado intoxicaciones y enfermedades (Jiménez, 1998). En los últimos años el empleo de

sustancias tóxicas en México se ha multiplicado, y el empleo de plaguicidas se incrementa anualmente en un 10%, por lo que es necesario modificar las prácticas agrícolas para reducir el riesgo para la salud de los productores y consumidores (Ávila, 2004).

El uso de organismos benéficos como una alternativa sostenible de control de insectos, es recomendable dentro de un programa de manejo integrado de plagas, ya que no tiene efectos nocivos para el medio ambiente, la salud del hombre y los animales (Jiménez, 1998). Las enfermedades causadas por hongos en los insectos comúnmente reducen significativamente las poblaciones (Alatorre, 2000), demostrando así, que los bioinsecticidas pueden ser una alternativa viable para resolver los problemas de plagas en la agricultura. Investigaciones en este campo se están llevando a cabo en muchos países, y México no es la excepción.

Este trabajo se realizó para estudiar las condiciones ambientales óptimas (medio de cultivo, luz y temperatura) para el desarrollo de las cepas nativas de hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. El objetivo principal del estudio fue simular las condiciones naturales para reproducir los aislamientos artificialmente y utilizarlos en la regulación de la población del chapulín frijolero.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigación, Conservación y Reproducción de Organismos Benéficos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la

Universidad Autónoma de Chihuahua, en el periodo de febrero a noviembre del 2004. Los materiales utilizados fueron los aislamientos nativos Bb001 (*Beauveria bassiana*) y Ma002 (*Metarhizium anisopliae*), que fueron aisladas de *Brachystola magna* en la región de Delicias y la zona temporalera del estado de Chihuahua.

Se compararon diversos medios de cultivos: Papa Dextrosa Agar (PDA), Agar Harina de Maíz (AHM), Saboraud Dextrosa Agar (SDA), Saboraud Dextrosa Agar con Levadura (SDAY), Extracto de Chapulín Agarizado (ACH), Czapek Dex Agar (Cz) y Agar Extracto de Malta (AEM). Para la inoculación se utilizaron discos de 5 mm de diámetro de cultivos puros de Bb001 y Ma002, procedentes de un aislamiento de seis días de crecimiento en PDA, los cuales se colocaron al centro de las cajas de petri que contenían 25 ml de los respectivos medios. Posteriormente, las cajas de petri se incubaron a una temperatura de 25 °C y bajo oscuridad continua.

Las evaluaciones del crecimiento micelial se realizaron a los tres, cinco, diez y quince días, midiéndose el diámetro de las colonias. Las lecturas de la esporulación se realizaron a los quince días de incubación, se vertieron 10 ml de agua sobre el disco de 1.7 cm de diámetro y se barrió suavemente con la ayuda de una aguja de disección. La concentración de conidias en suspensión obtenida se determinó mediante la cámara de Neubauer y se calculó el número de conidias/ml. El efecto de la luz en el crecimiento micelial y esporulación fueron evaluados bajo tres regímenes de luz: luz continua (LC), oscuridad continua (OC) y luz alterna (LA) con fotoperiodos de 12:12. Como fuentes de luz se utilizaron lámparas de luz blanca, ubicándose a 30 cm de altura de los medios de cultivo. La oscuridad se manejó envolviendo las cajas de Petri con papel aluminio.

El procedimiento para siembra y conteo

de esporas fue como se refirió anteriormente; por otro lado, las temperaturas estudiadas para evaluar el crecimiento micelial, esporulación y germinación de las esporas, fueron: 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 °C, utilizando SDAY como sustrato (siete tratamientos con cinco repeticiones cada uno). Se sembraron: Bb001 de un aislamiento de 11 días y Ma002 de un aislamiento de seis días de crecimiento. Para ambos tratamientos se hicieron mediciones a los 5 y 10 días de incubación y la evaluación para el conteo fue como se refirió anteriormente.

Para evaluar la viabilidad de las esporas, se vació un mililitro de dilución de esporas en cajas petri conteniendo, como medio de cultivo, agar PDA en una película delgada; se marcó el espacio mojado por la dilución y se colocaron a diferentes temperaturas: 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 °C durante 24 horas; se observaron al microscopio y se tomó el criterio para espora germinada toda aquella que mostrara de manera visible el tubo germinativo.

Para el análisis estadístico se utilizó un Diseño Completamente al Azar y las pruebas de Tukey para la separación de medias. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS.

Resultados y Discusión

En los siete medios estudiados, *Beauveria bassiana* mostró crecimiento de colonias circulares en forma de micelio blanco algodonoso y un ligero halo cristalino en las zonas de crecimiento. En AHM, las colonias mostraron un crecimiento plano; mientras que en los demás medios de cultivo presentaron elevaciones marcadas. En el cuadro 1 se muestra el crecimiento micelial. El Bb001 mostró crecimiento en todos los medios evaluados; sin embargo, en el quinto, décimo y quinceavo día existieron diferencias significativas.

Cuadro 1. Diámetro de colonias (mm) y conidios/ml ($\times 10^7$) de Bb001, en diversos medios de cultivo

Medios de cultivos	Muestreos (dds)				Conidios (15 dds)
	3	5	10	15	
AHM	9.25ab	16.75b	43.50a	75.00a	0.750b
Cz	10.25ab	17.00b	40.00ab	60.50bc	14.250b
AEM	13.00a	21.00a	44.25a	63.50c	15.125b
SDA	11.50ab	19.25ab	37.25b	53.50c	47.313 ^a
SDAY	12.25ab	20.50ab	39.75ab	58.00bc	58.250 ^a
ACH	7.75b	12.00c	28.50c	43.50d	8.750b
PDA	11.25ab	21.00a	40.25ab	60.00bc	8.313b
Pr>f	.0296	.0001	.0001	.0001	.0001

Medias con la misma letra son iguales al 0.05 % (Tukey)
dds= Número de días después de siembra

El menor crecimiento se reportó en el ACH, el cual puede ser aprovechado para la conservación de la cepa Bb001, dado que es un medio natural de bajo costo. Por otro lado, el mayor crecimiento y esporulación se dio en los medios de cultivos agarizados (SDAY y SDA).

Metarhizium anisopliae presentó al inicio del crecimiento, en todos los tratamientos en 24 horas, un micelio blanco de apariencia granulosa, congruente con (Lazzarini 2006), y con el tiempo aparecieron discos concéntricos delimitado las zonas de esporulación, las cuales mostraron una coloración verde olivo característica. En el cuadro 2 se presenta el crecimiento micelial de Ma002. En él se puede observar que, al igual que *Beauveria*, también mostró crecimiento en todos los medios probados, revelando diferencias significativas en el quinto, décimo y quinceavo día para todos los medios. Además, igual que en *Beauveria*, el *Metarhizium* mostró mayor producción de conidios en los medios SDA y SDAY.

Cuadro 2. Diámetro de colonias (mm) y conidios/ml ($\times 10^7$) de Ma002, en diversos medios de cultivo

Medios de cultivos	Muestreos (dds)				Conidios (15 dds)
	3	5	10	15	
AHM	14.25ab	22.75d	47.50d	63.25e	1.375d
Cz	13.50b	25.50c	50.50cd	70.00c	30.00ab
AEM	16.25ab	27.75bc	52.25c	72.75bc	13.438bcd
SDA	16.75ab	30.75a	59.50a	76.75 ^a	44.750a
SDAY	15.75ab	28.50ab	57.25ab	75.00ab	46.250a
ACH	15.50ab	27.25bc	53.00c	66.50d	21.750bc
PDA	15.00ab	27.50bc	53.75bc	73.25b	7.625cd
Pr>f	0.0319	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Medias con la misma letra son iguales al 0.05 % (Tukey)
dds= Número de días después de la siembra

El efecto de la luz, en el crecimiento y esporulación de Bb001 y Ma002 se aprecia en el Cuadro 3. Para Bb001 existen diferencias significativas en los diferentes regímenes de luz, y concuerda con (Rosas, 1995; Salas *et al.*, 2006; Fernández *et al.*, 2008) al registrarse mayor crecimiento bajo oscuridad continua; en el caso de Ma002, no hay diferencias significativas ($P>0.05$) en el crecimiento por efecto de la luz; lo que concuerda con lo mencionado por (Taborsky, 1992; Roberts, 1989). Con relación a la producción de conidios, no se encontraron diferencias significativas en ambos casos.

Cuadro 3. Diámetro de colonias (mm) y conidios/ml ($\times 10^7$) con diferentes regímenes de luz

Régimen de Luz	Crecimiento a los 10 dds (mm)		Conidios ml^{-1} a los 10 dds	
	Bb001	Ma002	Bb001	Ma002
Luz alterna	40.00 ^b	53.25	33.50	8.188
Oscuridad continua	50.50 ^a	55.75	68.63	5.938
Luz continua	49.50 ^a	51.50	25.13	8.938
Pr>f	.0003	0.930	0.1543	0.5999

Medias con la misma letra son iguales al 0.05 % (Tukey)
dds= Número de días después de siembra

Los aislamientos Bb001 y Ma002, cultivándose en SDAY, fueron sometidos a un rango de temperatura para evaluar su efecto sobre el crecimiento micelial, esporulación, germinación conidial y viabilidad de las esporas (Cuadro 4). Ambos aislamientos mostraron su mayor crecimiento en el rango de temperaturas de 20-30 °C sobresaliendo Ma002 con un diámetro promedio de 53.2 mm a la temperatura de 30 °C.

Cuadro 4. Diámetro de la colonia (mm) y número de conidios/ml ($\times 10^7$) de las cepas Bb001 y Ma002 cultivadas en SDAY a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Bb001		Ma002	
	Diámetro (mm)	Conidios	Diámetro (mm)	Conidios
5	5.0 d	0.0 d	5.0 c	0.0 d
10	5.0 d	0.0 d	5.0 c	0.0 d
15	8.0 d	0.0 d	5.0 c	0.0 d
20	33.2 b	25.1 bc	30.0 b	0.6 b
25	48.5 a	29.8 b	335.2 b	7.6 b
30	44.0 a	54.8 a	53.2 a	29.2 a
35	16.0 c	13.0 cd	10.2 b	0.5 b
Pr > f	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

La esporulación, expresada por el número de conidios/ml ($\times 10^7$) diez días después de sembrar el inóculo, fue mayor en los dos aislamientos cuando se expusieron a una temperatura de 30 °C; sin embargo, Bb001 con una media de 54.8 fue cerca de dos veces superior a Ma002 (29.2). Estos resultados están de acuerdo a los reportados por Rosas (1995). Aunque no se presentan datos en este artículo, la viabilidad de las esporas observada en ambos aislamientos, fue de 100% a temperaturas de 20-35 °C; mientras que el tubo polínico mostró su mayor desarrollo con temperaturas de 25-30 °C, resultados que difieren de aquellos reportados por Iskandarov (2006).

Conclusiones

Los medios de cultivo ACY, así como SDAY son recomendables para la conservación y desarrollo adecuado de las cepas Bb001 y Ma002, por producirse la mayor cantidad de esporas.

El crecimiento, esporulación y germinación de conidios es óptimo a temperaturas de 25-30 °C y su costo es el más bajo.

Es posible reproducir artificialmente los hongos fitopatógenos, para usarse como agente de control biológico en lugar de aplicar pesticidas.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Chihuahua y a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales por permitirnos desarrollar esta investigación en sus laboratorios, así como por los apoyos recibidos para realizar estudios de Doctorado.

Al pueblo de México por otorgarme una beca a través de Promep CONACYT.

A Fundación Produce Chihuahua, por apoyar el desarrollo de esta investigación para beneficio de los productores de Frijol del Estado de Chihuahua.

Literatura citada

- ALATORRE, R. R. 2000. Hongos entomopatógenos. In: Memorias de artículos en resumen y en extenso, XI Curso Nacional, Control Biológico 2000. Guanajuato, México. Pág. 123-134.
- ÁVILA, Q. G. 2004. Inocuidad alimentaria y Control biológico de plagas y enfermedades de hortalizas con énfasis en control biológico. Cd. Delicias, Chihuahua, México. 39-43 pp.
- CASAVECH. 2001. Guía técnica agropecuaria. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chihuahua, México.
- Davinson H. R. y F. W. Lyon, 1986. Plagas de insectos agrícolas y de jardín. Editorial Limusa, México p. 157.
- DARBY, A., 2001. Biological Control Conquers Biblical Plague. Environment News Service (ENS), Australia.
- FERNANDES EVERTON, K. K., E. N. Rangel Drauzio, M.L. Moraes Aurea, R.E.P. Bittencourt Vania and W. Roberts Donald. 2008. Cold activity of *Beauveria* and *Metarhizium*, and thermotolerance of *Beauveria*. *Journal of Invertebrate Pathology* 98(1): 69-78.
- GARCÍA, B. A. 1992. Pinto Agabe nueva variedad de frijol para las áreas de riego del Estado de Chihuahua. Folleto técnico No. 1. SARH. Campo Experimental Delicias. INIFAP. Cd. Delicias, Chihuahua, México. p. 11.
- ISKANDAROV, U., A. Guzalova, K. Davranov. 2006. Effects of nutrient medium composition and temperature on the germination of conidia and the entomopathogenic activity of the fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Applied Biochemistry & Microbiology*. 42(1): 72-76.
- HUNTER, D.M, Milner, R.J. y Spurgin, P.A., 2001. Aerial treatment of the Australian locust, *Choristothrips terminifera* (Orthoptera:Acrididae) with *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina:Hyphomycetes). *Bulletin of Entomological Research* 91:83-91.

- JACOBO, C. J. y Ramírez, L. M. 1998. Evaluación de hongos entomopatógenos, insecticidas vegetales y sintéticos para el control de *Brachystola magna* Girard (ORTHOPTERA: ACRIDIDAE) en Chihuahua. In: Memoria de artículos en resumen y en extenso, XXI Congreso Nacional de Control Biológico. Río Bravo, Tamaulipas, México. Pág. 291-293.
- JIMÉNEZ, Z. J. 1998. Control de calidad en hongos entomopatógenos. In: Memoria de artículos en resumen y en extenso, XXI Congreso Nacional de Control Biológico. Río Bravo, Tamaulipas, México. Pág. 113-114.
- Kone, M. 1998. Biological control of locust and grasshopper. *Experim. Camp. Htm, Mauritania, DUC.*
- LAZZARINI, G.M.J. 2006. Impact of moisture on in vitro germination of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* and their activity on *Triatoma infestans*. *Mycological Research*. 110 (4): 485-492.
- ROBERTS, D. W. 1989. Word picture of biological control of insects by fungus. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 84, Supl. 111: 89-100.*
- ROSAS, A.J. 1995. Hongos entomopatógenos para el control de plagas insectiles. In *Memorias del V Curso Nacional de Control Biológico (1993-1995)*. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Pág. 85-99.
- SALAS, A.M.D. 2003. Acridoideos (INSECTA: ORTHOPTERA) del estado de Guanajuato, MÉXICO *Acta Zoológica Mexicana 89: 29-38*
- SALAS, A.M.D. 2006. Contribución al conocimiento de los acridoideos (INSECTA: ORTHOPTERA) del estado de Querétaro, México. *Acta Zoológica Mexicana 22(2): 33-43*
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS. 1990. Folleto de productores No. INIFAP de Chihuahua. Guía para cultivar frijol en el estado de Chihuahua. Chihuahua, México. p. 13.
- SIAP-SAGARPA. 2003. Anuario estadístico de la producción agrícola.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Plains lubber Grasshopper *Brachystola magna* (Girard). 2001. Grasshoppers <http://www.sidney.ars.usda.gov/grasshopper/>. Accesado el 20 de junio del 2004. 

Este artículo es citado así:

BARAJAS-ONTIVEROS C.G., M. D. MORALES-ROMANO, E. M. DEL POZO-NUÑEZ, M. L. RODRÍGUEZ-AGUILAR Y J. J. NUÑEZ-LÓPEZ. 2009. *Condiciones para el desarrollo de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae para el control biológico de chapulín frijolero. TECNOCENCIA Chihuahua 3(1): 33-38.*

Resúmenes curriculares de autor y coautores

CONCEPCIÓN GERARDO BARAJAS ONTIVEROS. Realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAF) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en 1986. En el año 1994 recibió el grado de Maestro en Ciencias, con la especialidad en Parasitología Agrícola, mismo que le conferido por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) con sede en la ciudad de Saltillo, Coahuila. Desde el año 1986 trabaja como maestro de Tiempo Completo en la FCAF de la UACH, institución donde realiza investigación en el área de Control Biológico y trabajo de Tesis Doctoral.

MARÍA DOLORES MORALES ROMANO. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, titulada desde 1987. Estudiante de la Maestría en Ciencias en Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales durante el periodo 2003-2005.

DR. ELIO MINEL DEL POZO NUÑEZ. Profesor investigador de la Universidad Agraria de la Habana, Cuba, San José de las Lajas. Asesor principal de Tesis del Doctorante.

MARÍA DE LOURDES RODRÍGUEZ AGUILAR. Cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAF) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH); obteniendo su título en el año 1984. Realizó estudios de nivel maestría en la División de posgrado de la FCAF, donde obtuvo en 1991 el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Producción Agrícola en Áreas de Temporal. Desde el año 1986 trabaja como maestra de Tiempo Completo en la FCAF de la UACH, institución donde realiza trabajo de docencia, Reformas de Programas Académicos e investigación en el área de Producción Agrícola y Control Biológico.

M.A. JAVIER NUÑEZ LÓPEZ. Cursó la carrera de Médico Veterinario Zootecnista en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM; obteniendo su título en el año 1981. Realizó estudios de nivel maestría en el Colegio de Posgraduados en Administración del ITESM, donde obtuvo en 1985 el grado de Maestro en Ciencias con especialidad Administración de Empresas Agropecuarias y en 2002 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Educación Ambiental por la U de G. Desde el año 1988 trabaja como maestro de Tiempo Completo en la FCAF de la UACH, institución donde realiza trabajo de docencia e investigación en el área de Agronegocios y actualmente por culminar sus estudios de Doctorado en Economía Agrícola.

Evaluación Diagnóstica y Admisión de Aspirantes a la Educación Superior: Algunas notas metodológicas

Diagnostic Assessment and Admission to Higher Education of Prospective Students: Some methodological notes

CARLOS IBÁÑEZ BERNAL¹

Resumen

Se presenta una serie de notas sobre la metodología seguida por muchas de instituciones de educación superior para seleccionar aspirantes a sus programas de licenciatura y posgrado. Su propósito es proporcionar una base de criterios a partir de los cuales se pueda establecer si la metodología empleada por una institución particular es o no adecuada. Se expone un breve análisis de los procedimientos de selección de aspirantes que utiliza la mayoría de las instituciones de educación superior, considerando el hecho de que en muchas de ellas no se parte de perfiles de ingreso previamente definidos. A modo de conclusión, se presentan recomendaciones para que la selección de aspirantes a la educación se base en procedimientos de evaluación más válidos, confiables y justos.

Palabras clave: Selección de aspirantes, procedimientos de admisión, perfil de ingreso, criterios de evaluación

Abstract

A series of notes on the methodology used by many higher education institutions to select prospective students for their undergraduate and graduate programs is presented. Its purpose is to provide a criteria basis on which to establish if the methods and procedures employed by a specific institution are adequate or not. A brief analysis is made of procedures used by most of higher education institutions to select their prospective students, considering the fact that many of them do not part from previously defined entry profiles. As conclusions, recommendations are made in order to ground prospective student selection on more valid, reliable and fair procedures.

Keywords: Prospective student selection, admission procedures, entry profile, assessment criteria

¹Profesor de la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Universitario I S/N. Chihuahua, Chih., México. 31137 Tel. (614) 413-5450. cibanez@uach.mx.

Introducción

Esta serie de notas, numeradas con el propósito de hacer referencia a ellas dentro del mismo documento, se divide en tres partes. La primera, que hemos titulado “*Consideraciones Generales*”, plantea de manera puntual y concisa los principios fundamentales de una metodología para la evaluación diagnóstica de aspirantes con fines de selección en educación superior.

La intención de plantear estos principios es proporcionar al lector las bases sobre las que, en la segunda parte “*Observaciones Generales a los Procesos de Selección de Aspirantes a la Educación Superior*”, se sustentan los comentarios de quien escribe al respecto de los procedimientos de selección de aspirantes comúnmente utilizados en la gran mayoría de las instituciones de educación superior. En la tercera parte “*Conclusiones y Recomendaciones Importantes*”, se presentan indicaciones y sugerencias para mejorar el proceso de selección de aspirantes, no sólo en términos de instrumentos y técnicas de obtención de datos sobre los aspirantes, sino también —y más importante— en términos de la adecuación del proceso a los ideales académicos, de política educativa y de servicio a la sociedad de toda institución responsable y prestigiada.

Consideraciones Generales

1. El propósito de realizar evaluaciones a los aspirantes a ingresar a una carrera profesional o a un posgrado es —o debiera ser— valorar el grado en que los aspirantes poseen las características deseables para ingresar a una institución determinada y ser dignos de sus servicios. Estas prácticas institucionales generalmente se realizan en orden a evitar perjuicios o pérdidas previsibles en caso de que los aspirantes no sean *aptos* o apropiados para esos servicios.

2. En sentido estricto, las evaluaciones de aptitud son de índole diagnóstica de capacidades o potencialidades tendientes a predecir el *éxito escolar*. Dicha predicción de éxito escolar conlleva problemas teóricos,

metodológicos, técnicos y éticos que a veces resultan difíciles de dimensionar a cabalidad y, de antemano, se debe estar consciente de todas sus limitaciones. Este punto es importante pues siempre se ha de tener presente que la concepción de éxito escolar y su relación con los factores determinantes parte de modelos extremadamente simples, de naturaleza causal y lineal que, ya sea por conveniencia teórica o por ingenuidad, están muy lejos de reflejar el complejo entramado de sus factores determinantes. Una forma abreviada de entender estos modelos del éxito escolar es como una función de la interacción de diversos factores (f) entre los que sobresalen los *Individuales*, los *Institucionales* y los del *Entorno Social*. Así, proponemos que sus relaciones se pueden representar mediante la siguiente “fórmula”:

$$\text{Éxito Escolar} = f(F. \text{ Individuales}, F. \text{ Institucionales}, F. \text{ del Entorno Social})$$

3. De los tres grupos de factores, el que se supondría más “estable” y sobre el que se puede ejercer mayor control es el de los factores institucionales, pues se trata de procesos convencionalmente programados y regulados hacia fines establecidos. El grupo menos estable y menos controlable es el de los factores del entorno social —que involucra complejas variables relacionadas con la convivencia familiar, la economía, la ideología y la cultura—, cuya diversidad y forma de organización al nivel micro-situacional son prácticamente impredecibles. Dentro del grupo de factores individuales, sobresalen los relacionados al desempeño académico, profesional o investigativo que deben

desarrollarse o **modificarse** como producto de los procesos educativos —conocimientos, competencias, aptitudes, actitudes, etc. Estos cambios ocurrirían a partir de un punto de inicio hacia objetivos finales preestablecidos y convencionales, lo que define el proceso de formación educativa o “aprendizaje” desde un punto de vista psicosocial. El punto de inicio se identifica con el concepto de *perfil de ingreso* y el final con el de perfil de egreso.

4. *Especial Importancia del Perfil de Ingreso.* La evaluación diagnóstica para la admisión de aspirantes a la Educación Superior se dirige, entonces, a determinar si los individuos presentan o no los rasgos del perfil deseable de ingreso, y en qué medida lo hacen. De lo anterior, se puede apreciar la importancia que tiene contar con un perfil de ingreso adecuadamente definido para determinar cuáles serían los métodos necesarios y suficientes para cualificarlos con precisión.

5. ¿Cómo se define un perfil de ingreso?

a. La forma más idónea de hacerlo consistiría en haber detectado, a partir de estudios sistemáticos, aquellos rasgos asociados consistentemente con el éxito escolar en una institución particular.

b. Si lo anterior no es posible, pueden consensuarse entre los miembros de la comunidad académica (docentes, egresados, profesionistas, etc.) las opiniones relacionadas con los rasgos que según ellos han presentado los estudiantes y que parecen estar asociados al éxito escolar. (Existen varias estrategias metodológicas para establecer estos acuerdos). El perfil de ingreso que resultara de este ejercicio brinda las bases suficientes para iniciar estudios sistemáticos, requeridos en el inciso “a” anterior.

c. Otra posibilidad es la adivinación de dichos rasgos por parte de algún “iluminado”, una posibilidad que por supuesto adolece de múltiples características cuestionables, desde los puntos de vista metodológico e institucional.

d. La última posibilidad, quizás la más precaria, es no tener definido perfil alguno, pero sí contar con métodos e instrumentos de evaluación de rasgos identificados tradicionalmente, que son aplicados por la misma razón.

5. Es importante hacer notar aquí que las posibilidades descritas en el inciso anterior, tomándolas de la última a la primera, podrían considerarse a manera de “etapas” en la evolución de un perfil de ingreso. Obviamente el estado ideal del perfil de ingreso a un programa de estudios particular, de una institución también particular, es aquel que identifica en forma estrictamente diferenciada aquellos rasgos asociados al éxito escolar que generan los procesos educativos de un determinado currículo escolar inserto en un entorno sociocultural dado, preferentemente con base en estudios metódicos y fundamentados teóricamente. Así concebido, el resultado sería un perfil de ingreso dinámico y ajustable, contrario al estatismo que distingue a los perfiles de ingreso cuando estos son inespecíficos.

7. Como consecuencia del punto anterior, conviene señalar que en caso de que un programa escolar cuente con dos o más líneas de formación —como ocurre en muchos programas de posgrado— es importante que se determine un perfil de ingreso por cada línea, ya que muchas veces los rasgos —conocimientos básicos, capacidades, competencias, aptitudes, actitudes, etc.— que aportan al éxito escolar es diferente. Una vez definidos los perfiles de ingreso de cada programa y sus líneas, al ponerse en común, podrán apreciarse rasgos *generales* (compartidos por todos), *específicos* (compartidos por dos o más programas) y *particulares* (no compartidos) entre ellos, los que implican decisiones metodológicas y técnicas para su evaluación según su naturaleza. Los rasgos generales y específicos pueden observarse para su cualificación bajo

instrumentos o situaciones comunes, y los particulares se evaluarían con instrumentos o situaciones singulares.

8. Todo instrumento o situación de observación utilizado para cualificar los rasgos que definen el perfil de ingreso deben ajustarse estrictamente a los criterios fundamentales de todo ejercicio de medición u observación con fines de evaluación: **validez**, *i.e.*, medir u observar realmente lo que se quiere medir, y **confiabilidad**, *i.e.*, sistematicidad en la precisión de los datos de la medición u observación (Nunnally y Bernstein, 1995). En la evaluación diagnóstica con fines de selección de aspirantes, surge la necesidad de exigir al proceso un criterio adicional a los dos anteriores (Ibáñez, 2007): **equidad**, *i.e.*, otorgar a todos los aspirantes las mismas oportunidades de exhibir los rasgos del perfil de ingreso deseable y ser observados o medidos bajo idénticas condiciones.

9. Debe quedar firmemente establecido que el perfil de ingreso constituye el conjunto de criterios sin los cuales no se puede establecer la validez de un instrumento o situación de evaluación. Por ejemplo, ante la pregunta: “¿Es válido utilizar el EXANI II o el III como instrumento para seleccionar aspirantes a una licenciatura o posgrado, específicamente en la línea de formación de Biodiversidad y Sistemática?”. La respuesta es: “Depende de si permite cualificar rasgos del perfil de ingreso definido para esa línea de fortaleza de esa licenciatura o posgrado”. Más aún, si no puede concebirse la validez de un instrumento sin criterios (perfil de ingreso), menos tiene sentido siquiera intentar determinar la confiabilidad del instrumento, aunque esto sea posible de realizarse. Por ejemplo, una determinada prueba de aptitud matemática puede ser muy confiable en la medición del rasgo “razonamiento algebraico”, pero ¿qué sentido tiene aplicar esta prueba a los aspirantes, cuando el perfil de ingreso a una maestría en educación preescolar no lo contempla? ¿Es

útil para los fines de un posgrado en ciencias que el aspirante muestre gran competencia en aspectos histórico-políticos sobre aquellos de razonamiento matemático? Todavía más, pues tampoco tiene valor alguno hacer observaciones en idénticas situaciones o mediciones con un mismo instrumento buscando cumplir con la *equidad* del proceso, cuando lo que debe observarse o medirse no está definido de antemano.

Observaciones Generales a los Procesos de Selección de Aspirantes a la Educación Superior

La primera observación y la más importante de todas es que la gran mayoría de las instituciones de educación superior **carecen de un perfil deseable de ingreso a sus programas** que guíe la elección de situaciones de observación e instrumentos de medición adecuados. Este hecho coloca al proceso selectivo de esa mayoría de instituciones en la etapa más precaria de evolución, de acuerdo con lo mencionado en el inciso 5 y 6 de este documento.

En consonancia con la observación anterior, **el proceso de selección**, excluyendo los aspectos puramente administrativos, **es altamente indiferenciado** respecto a los grados académicos y líneas de formación, cuando es evidente que la formación para licenciatura, maestría y doctorado se dirige a objetivos disímiles, y que las competencias que se desarrollan en cada una de las líneas de formación son distintas, por lo que requieren, lógicamente, rasgos —de conocimiento, competencia y actitud— también diferentes (révisense los argumentos de los incisos 6 y 7). En muchas instituciones el procedimiento está centrado eminentemente en la aplicación de un instrumento de evaluación estandarizado (EXANI II o III) y quizás en uno o dos instrumentos de evaluación no estandarizados y confeccionados ad hoc (por ejemplo, Examen de Conocimientos, Examen de Inglés), los que se aplican por igual a todos los aspirantes, a

veces independientemente del grado. También es común que se centre en una situación de observación (Entrevista) que se aplica a los aspirantes, tanto de licenciatura, maestría como doctorado, con algunas pequeñas o importantes diferencias. Por lo anterior, la condición actual de los procesos de selección es sumamente inespecífica, estática y desajustada a las evidentes particularidades de las líneas y grados de formación.

Finalmente, con base en los principios que se mencionan en los incisos 8 y 9 sobre los criterios fundamentales de todo ejercicio de evaluación, puede reiterarse que la mayor limitación de los procesos de admisión es la carencia de criterios de juicio, es decir, del perfil deseable de ingreso. No es posible establecer si los instrumentos y situaciones de observación con los que se obtienen datos sobre ciertos rasgos de los aspirantes son *válidos* en su carácter específico para los programas y líneas de formación. En su carácter general, los instrumentos *estandarizados* (EXANI II o III) podrán ser válidos en la medida de sus coincidencias con rasgos particulares del perfil —no definido— de ingreso; pero al no estar especificado de antemano, no puede saberse en qué grado lo son.

Por otra parte, la parafernalia que rodea la protección de la secrecía de estos instrumentos los hace impermeables a todo cuestionamiento sobre la manera como sus autores interpretan y operacionalizan el rasgo que dicen medir. Este hecho hace imposible establecer con toda precisión si el rasgo que dicen medir corresponde o no al rasgo que una institución particular requiere que se mida como parte de su perfil deseable. Como hemos visto, la “virtud” de los instrumentos estandarizados no está propiamente en su validez, sino en que son los instrumentos que presentan menos problema respecto al criterio de confiabilidad, ya que por lo general los encargados de elaborar y monitorear sus propiedades metodológicas ajustan la confiabilidad del

instrumento en forma rutinaria. Asimismo, los instrumentos estandarizados proveen características homogéneas de formato y condiciones de aplicación para la obtención de datos, las que empatan con los criterios de equidad para los procesos de evaluación con fines de selección.

El caso de los instrumentos no estandarizados y elaborados *ad hoc*, éstos representan un arma de doble filo. Por un lado, permiten ajustar idóneamente todas las propiedades del instrumento para que midan con precisión los rasgos específicos del perfil deseable, transparentando y asegurando una adecuada validez (de constructo y de contenido). Para ello, es necesario que los diseñadores se ciñan estrictamente a las recomendaciones metodológicas para la elaboración de instrumentos formales dirigidos a la evaluación de aptitudes (tipo de prueba, calibración de reactivos, normalización, etc.). Si esta condición no se cumple, el instrumento corre el riesgo de malograr los propósitos institucionales, al incumplir con los principios fundamentales de la evaluación.

Con respecto a la Entrevista, como situación de observación, también subsiste el problema de la falta de criterios que permitan establecer su validez, por las mismas razones ya reiteradas al hablar de los instrumentos de evaluación. Sin embargo, el reto más importante es cumplir con las condiciones adecuadas para lograr una confiabilidad y una equidad mínimas, tales que le permitan a la entrevista servir a los objetivos de la institución de *seleccionar* aspirantes para sus programas de licenciatura y posgrado. En términos generales, la entrevista constituye una situación de observación diseñada con el propósito de obtener información sobre una persona mediante el diálogo, regulado generalmente por el entrevistador a partir de preguntas y estructurado en grados variables de flexibilidad dependiendo de su propósito. La naturaleza metodológica de la entrevista la posiciona en una de las técnicas más útiles y más utilizadas

para producir información a través de la auto-referencia de la persona entrevistada sobre su historia, su presente no aparente y sobre su futuro, información cuya confiabilidad depende evidentemente de diversos factores. Enumeraremos a continuación los más importantes:

a. Individuales: La confiabilidad y precisión de la información provista por el entrevistado depende de su competencia lingüística (habilidad verbal o elocuencia), motivación (intencionalidad, búsqueda de objetivos como la aceptación social, evitación de conflictos, falseamiento de la realidad), estilo (personalidad, como su desenvoltura o timidez, tendencia al riesgo, tenacidad, etc.). También deben considerarse factores orgánicos (sueño, hambre, frío, cansancio, etc.).

b. Situacionales: Los factores circunstanciales de la entrevista también afectan su confiabilidad y precisión, como el lugar, las variables ambientales (temperatura, hora, iluminación, ruido, etc.), el tamaño de la audiencia, presencia o ausencia de conocidos, variables relacionadas al entrevistador (género, edad, apariencia, posición, actitud, etc.), información filtrada por otros entrevistados, etc.

Los factores individuales y situacionales mencionados impiden el logro adecuado del criterio de confiabilidad de la información para poder considerar a la entrevista como técnica para *evaluar*. La naturaleza metodológica de la entrevista explota la singularidad de la persona del entrevistado generando la información más íntima y subjetiva a partir del propio reporte — información verdadera o falsa que es casi o totalmente imposible de corroborar con otras fuentes al momento de la entrevista—, lo que hace impropio su uso como instrumento o situación de observación para otorgar calificaciones (evaluación), pero todavía más impropio con fines de determinar si se acepta o se rechaza al aspirante (selección).

Existen muchas otras cuestiones —

todavía vinculadas a los criterios de validez, confiabilidad y equidad— que impiden ver a la entrevista como una situación adecuada para evaluar, en sentido estricto y formal. A continuación menciono algunas, basadas en observaciones hechas durante algunas entrevistas: ¿Cómo califican los evaluadores a un aspirante que parece dudar, tartamudea, habla débilmente, pero su respuesta es congruente y coherente, comparando a otro que da la misma respuesta con seguridad, elocuencia y asertividad? ¿Son todos los evaluadores igualmente competentes para juzgar las respuestas de los aspirantes a todas las líneas de formación de una licenciatura o posgrado? ¿Cómo afecta la calificación que otorgan los evaluadores el hecho de que se hagan comentarios — muchos de ellos con graves juicios de valor— sobre el aspirante previo a su entrevista? ¿Cómo influye en la calificación el grado de detalle con el que se interpreta y refiere el currículum vitae de los aspirantes por parte de los entrevistadores, a veces lacónicos y otras veces prolivos? ¿Afecta la calificación de los evaluadores cuando el entrevistador interrumpe al entrevistado al dar sus respuestas, o lo induce mediante preguntas o comentarios a responder en un sentido particular, o cuando, incluso, el entrevistador pone palabras en la boca del entrevistado?

Pero la cuestión más importante, que afecta profundamente el que la entrevista cumpla con los criterios de confiabilidad y equidad, es el usual ausentismo de los entrevistadores. ¿Es confiable y equitativa una calificación otorgada por 10 evaluadores a un entrevistado que aquella dada por 5 evaluadores —o menos— a otro entrevistado (o al mismo entrevistado, en caso de que esto fuera posible)? ¿Qué solución se le daría a este delicado problema que no sólo es de índole técnica sino también ético pues compromete el futuro académico de los aspirantes?

Conclusiones y Recomendaciones Importantes

En este apartado se describen las acciones necesarias para ajustar, en coherencia con los principios y criterios señalados aquí, los procedimientos, instrumentos y situaciones de observación para una evaluación diagnóstica con fines de selección de aspirantes a la educación superior.

La primera recomendación y la más fundamental es que toda institución de educación superior **debe generar sus perfiles deseables de ingreso** donde se definan los rasgos —conocimientos básicos, capacidades, competencias, aptitudes, actitudes, etc.— indispensables para iniciar su formación profesional, en la investigación científica y/o en la aplicación del conocimiento científico y tecnológico para la solución de problemas sociales concretos. Es altamente recomendable que dichos rasgos se precisen específicamente para cada grado y línea de formación, en principio, a partir del consenso de la comunidad académica pertinente para hacerlo (docentes, estudiantes avanzados, egresados, profesionistas, etc.). Los perfiles deseables de ingreso así definidos constituirán los criterios de juicio y, por ende, la guía imprescindible para la selección o construcción de instrumentos, o el diseño de situaciones de observación que sean los más idóneos para cualificar los rasgos de los aspirantes.

Es muy importante señalar que cualquier opinión o decisión sobre los instrumentos de medición o situaciones de observación para la evaluación sólo tiene sentido cuando se sabe qué rasgos se van a medir u observar, no antes. De cualquier manera, independientemente de cuál sea el perfil deseable, el principio que debe regir su elección o decisión es el siguiente: *toda situación de prueba (medición u observación) debe reunir los requisitos necesarios para garantizar que se obtenga el fenómeno o proceso con características que sean lo más parecido posible a cuando éste ocurre bajo*

circunstancias naturales. Por ello, las situaciones de prueba más idóneas —válidas, técnicamente hablando— son aquellas que contienen los elementos o variables más importantes que sirven como condición necesaria y suficiente para la ocurrencia del fenómeno. En otras palabras, estamos diciendo que *la mejor situación de prueba es aquella que más se asemeja, modela o simula la realidad* (Ibáñez, 1999).

Este principio muchas veces excluye instrumentos de evaluación estandarizados o apegados a ellos, como el EXANI II y III o los exámenes del estilo tradicional, por tratarse de una situación de prueba (responder a preguntas sobre conocimientos o problemas identificando la opción correcta) que en nada se asemeja a la realidad en la que se desempeñan los profesionistas, los científicos o sus estudiantes (definir o identificar problemas, indagar antecedentes, formular hipótesis, diagnosticar, intervenir, evaluar, etc., etc.).

Por lo anterior, la segunda recomendación es que toda institución de educación superior **deberá elegir o desarrollar un conjunto específico de instrumentos de medición y/ o situaciones de observación** que permitan cualificar los rasgos de sus perfiles deseables de ingreso, una vez que éstos se hayan definido. Sólo de esta manera se podrán adecuar los procedimientos de selección de aspirantes en un sentido más acorde con sus objetivos institucionales particulares y cumpliendo con los principios de validez, confiabilidad y equidad de una evaluación diagnóstica.

Finalmente, con respecto a la calificación otorgada a los aspirantes con fines de selección para ingresar a la licenciatura o al posgrado, ésta deberá reflejar con la mayor precisión posible las diferencias entre los rasgos deseables y los exhibidos por el aspirante, cumpliendo así con el criterio de confiabilidad. La tercera recomendación es que las instituciones **deberán establecer la**

ponderación de cada una de las calificaciones que se obtengan de los aspirantes, en un principio, a partir de la importancia consensuada en la comunidad académica a los rasgos definidos en el perfil deseable de ingreso, pero posteriormente se deberá dar en términos de su capacidad predictiva de éxito escolar que se determinará a partir de estudios sistemáticos.

Literatura Citada

- IBÁÑEZ, B. C. 1999. El Diagnóstico de Aptitudes Funcionales y Competencias para el Aprendizaje Escolar: Una alternativa para la selección de aspirantes al Nivel de Educación Superior. En A. Bazán (Ed.). Aportes Conceptuales y Metodológicos en Psicología Aplicada. Instituto Tecnológico de Sonora. México p. 94 – 121.
- IBÁÑEZ, B. C. 2007. Metodología para la planeación de la educación superior: una aproximación desde la Psicología Interconductual. Universidad de Sonora. México.
- NUNNALLY, J. C. y Bernstein, I. J. 1995. Teoría psicométrica. McGraw-Hill. México. 

Este artículo es citado así:

IBÁÑEZ-BERNAL C. 2009. *Evaluación diagnóstica y admisión de aspirantes a la educación superior: Algunas notas metodológicas*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(1): 39-46.

Resumen curricular del autor

CARLOS IBÁÑEZ BERNAL. Es doctor en ciencia del comportamiento por la Universidad de Guadalajara y se desempeña como profesor de tiempo completo en el posgrado de educación (maestría y doctorado) de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Ha colaborado como asesor metodológico y desarrollador de instrumentos de evaluación para la selección de aspirantes a todas las carreras de licenciatura de la UACH de 1994-1997, y en particular a la carrera de Medicina de la misma institución de 1989-1992 y de 2000-2004. También participó asesorando programas de rediseño curricular y formación de profesores basados en competencias, en la Universidad de Sonora y en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente. Es autor del libro *Metodología para la Planeación de la Educación Superior*, Editorial Unison, 2007. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

Guía para autores de escritos científicos

Política editorial

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

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

Lineamientos generales

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

Para tal fin, el autor y coautores deberán firmar la carta de autoría, donde declaran que su trabajo no ha sido publicado o enviado para su publicación simultáneamente en otra revista; además, en dicho documento señalarán estar de acuerdo en aceptar las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial Internacional de la Revista *TECNOCENCIA Chihuahua*, especificando el nombre del investigador a quien se dirigirá toda correspondencia oficial (autor de correspondencia).

Se aceptan artículos en español o inglés, sin embargo, tanto el título como el resumen deberán escribirse en ambos idiomas. El contenido puede ser cualquier tema relacionado con algunas de las áreas del conocimiento definidas previamente o que a juicio del Consejo Editorial Internacional pueda ser de interés para la comunidad científica.

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

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

Manuscritos

Se entregarán cuatro copias impresas y una versión electrónica del manuscrito. También podrán remitirse los manuscritos a las direcciones electrónicas de la revista que fueron mencionadas anteriormente pero la carta de presentación, firmada debidamente por los autores, deberá

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

Formato

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

pezando cada uno de ellos en página aparte.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Artículo científico

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

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

Resumen y *abstract*

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

Introducción

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

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

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

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

- c) *Problema a resolver.* Con una o dos oraciones es-

pecificar el problema abordado, justificar la realización del estudio, o bien, enunciar la hipótesis planteada por el investigador y cuya validez será probada por el experimento. Siguiendo con el ejemplo anterior, se presenta una breve descripción del problema estudiado:

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

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

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

Materiales y métodos

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

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

Al describir los materiales, deben señalarse especi-

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

Resultados y discusión

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

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

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

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

Cuando la discusión se presenta en una sección separada no debe escribirse como una recapitulación de los resultados, pero debe centrarse en explicar el significado de ellos y explicar como proporcionan una solución al problema abordado durante el estudio. Cuando se com-

ran los resultados del presente estudio con otros trabajos, ya sea que coincidan o estén en desacuerdo con ellos, deben citarse las referencias más pertinentes y recientes.

Conclusiones

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

Agradecimientos

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

Literatura citada

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

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

cribirán con minúsculas (excepto la primera letra del título y nombres propios). Los títulos de libros llevan mayúsculas en todas las palabras excepto en las preposiciones y artículos gramaticales.

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

Artículos científicos de revistas periódicas

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

Capítulos de libros

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

Libros

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

Memorias de Congresos científicos

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

Boletín, informe, publicación especial

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

2. Nota científica

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

Pueden incluirse:

- a) Descubrimientos o aportaciones breves, obtenidas de un estudio reciente de carácter local o limitado;
- b) el producto de modificaciones o mejoramiento de técnicas, procedimientos experimentales, análisis estadísticos, aparato o instrumental (de laboratorio, invernadero o campo);
- c) informes de casos clínicos de interés especial;
- d) resultados preliminares, pero importantes y

novedosos, de investigaciones en desarrollo, o bien, e) desarrollo y aplicación de modelos originales (matemáticos o de cómputo) y todos aquellos resultados de investigación que a juicio de los editores merezcan ser publicados.

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

3. Ensayo científico

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

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

4. Revisión bibliográfica

Consiste en el tratamiento y exposición de un tema o tópico relevante y de actualidad. Su finalidad es la de resumir, analizar y discutir, así como poner a disposición del lector información ya publicada sobre un tema específico. Ya sea que la revisión temática sea solicitada por el Consejo Editorial a personas expertas o bien que el manuscrito sea presentado por un profesional experimen-

tado, debe resaltarse la importancia y significado de hallazgos recientes del tema. El texto contiene los mismos capítulos de un ensayo, aunque en el capítulo *desarrollo del tema* es recomendable el uso de encabezados para separar las diferentes secciones o temas afines en que se divide la revisión bibliográfica; además, se sugiere el uso de cuadros y figuras para una mayor comprensión del contenido.

Preparación de cuadros y figuras

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

Cuadros

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

Figuras

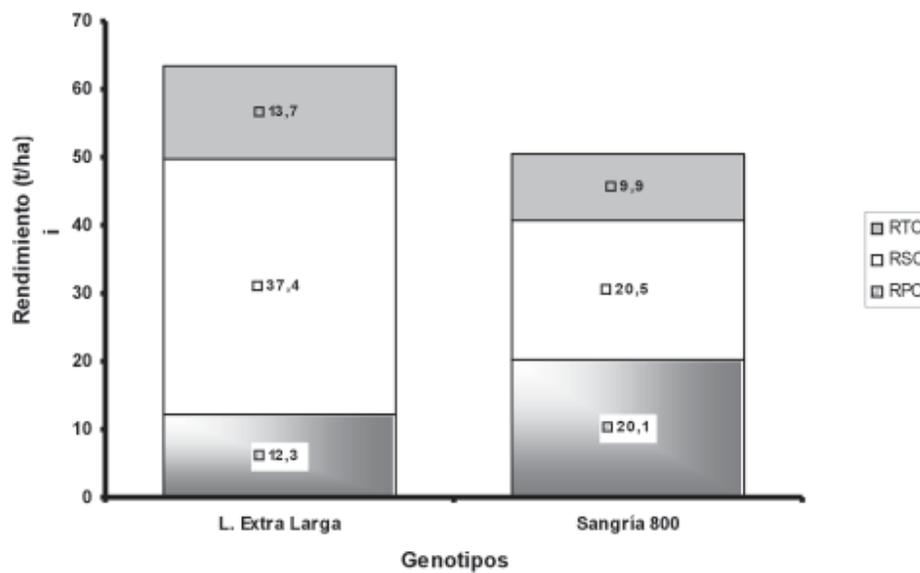
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apegarse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

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

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

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrado medio	F _c calculada	Significancia P _r > F _t
Colector	3	4306,25	1435,42	2,68	0,1099
Día	3	214118,75	71372,92	133,30	0,0001
Error	9	4818,75	535,42	-	-
Total	15	223243,75	Desv. Estándar =	23,14	
Estimadores	CV _(%) =	10,9	Media =	211,9	

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



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

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

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

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

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



DOCTORADO EN INGENIERIA

INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE



"El ojo del pez"



"Inerte"



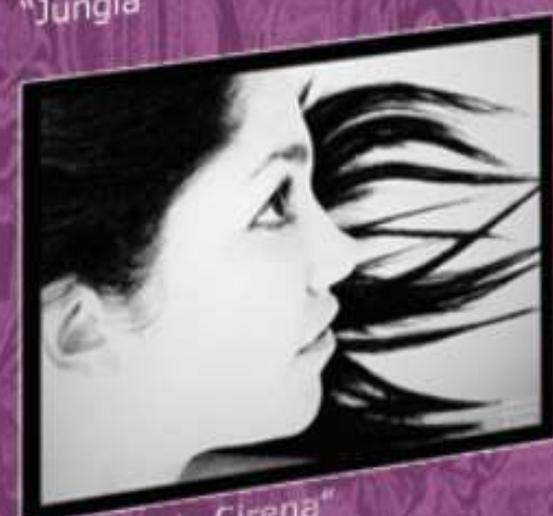
"Sueños que cristalizan"



"Jungla"



"Raíces de la vida"



"Mirada de Sirena"



Museo Casa Chihuahua

Técnica de grabado en vidrio del maestro Ernesto Eduardo Magaña Olivas
Exposición "Blanco & negro en el vidrio" presentada en el Museo Casa Chihuahua